



Facultés des Sciences de la Terre

Département de Géologie

MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de

Magistère

Option : Ingénierie des ressources en eau

THEME

**Ressources et Essai de Gestion des eaux dans
le Zab Est de Biskra**

Présenté par : Boutouga Fateh

Directeur du mémoire : Mr Zouini Derradji Pr. Université Badji Mokhtar, Annaba

DEVANT LE JURY :

Président: Mr. DJORFI SAADANE.

M.C. U.B.M. Annaba

Examineurs: Mr. MAHIA MOHAMED.

M.C. U.B.M. Annaba

Mr. KHANCHOUL KAMEL.

M.C. U.B.M. Annaba

Summary

This study is devoted to the diagnosis and updating resources in surface and groundwater catchment of the Zab East of Biskra. It is established based on a large body of data is primarily intended for evaluating the groundwater resources in water intended for domestic use, agriculture and industry to highlight the main points of a sustainable and rational management of resources water in arid environments.

The basin of the Zab East of Biskra covers an area of 9668 km² with a population of nearly 349,000 people, including six small watersheds (Watershed Oued El Abiod, Dermoun basin, the basin of Oued Djedi, the basin of Oued El Arab, the basin of Oued Zeribet, and the basin-Biraz Atrous).

Administrative, the basin of the Zab extends mainly East of the eastern region of the wilaya of Biskra. It includes five Daïra, encompassing eleven municipalities: Biskra, Sidi Okba Chetma, Ain Naga Zeribet El Oued, M'Ziraa, Feidh El, El Houche, El Hadjeb, M'Chouneche, Sidi Nadji Khangat. The basin of the Zab East of Biskra is subject to arid and dry, with a cold and dry winter and a hot dry summer, the average annual temperature at the station of Biskra is the order of 23 ° C and precipitation does not exceed 200 mm / yr in the stations of the Zab region East of Biskra except station T'kout north in a mountain area in excess of 300 mm / year.

After the natural conditions mentioned above, we studied the different socio-economic functions that come into direct contact with the uses of this important resource as the number of populations, agricultural and industrial activities in the water shed of the Zab East of Biskra, as a result we have evaluated water resources of surface and groundwater recognized, mobilized and exploited and how their current distribution at the drinking water supply, the agricultural and industrial uses. In the end we give an estimation perspective of the water needs of different sectors has short, medium and long term, and an overview on the state of sewerage.

The allocation of water resources in the basin of the Zab East of Biskra, the most important part of mobilized water is intended for agricultural needs (use for irrigation), with a volume of 280.6 Hm³ / year, a rate of 90.03%. However, this dominance is due to irrigation needs are growing. Domestic needs are predominant in water withdrawals in the basin, a volume of 30.81 Hm³, or 9.88% of total resources mobilized. The volume devoted to cover the needs of industrial water is estimated at 0.26 Hm³ per year, or 0.08% of resources mobilized.

View this situation, which seems scary, we try first to apply the concepts of a rational and sustainable management of water resources, based on a quantitative and qualitative assessment of potential water in the basin, to reach to the main thrusts of this new vision that aims to improve the current water management, by promoting greater harmonization between the diverse needs and interests of human communities and those of aquatic ecosystems, and prevent tomorrow's water-deficient.

Keywords: Integrated management, Zab East of Biskra, water resources, pollution, water potential, needs, aquatic ecosystems

Résumé

Cette étude est consacrée au diagnostic et l'actualisation des ressources en eaux superficielles et souterraines du bassin versant du Zab Est de Biskra. Il est établi à base d'une masse importante de données pour but principal l'évaluation des ressources exploitables en eaux destinées pour l'usage domestique, agricole et industriel pour mettre en évidence les grands axes d'une gestion durable et rationnelle des ressources en eau en milieu aride.

Le bassin du Zab Est de Biskra s'étend sur une superficie de 9 668 Km², avec une population de près de 349 milles habitants, comprenant six petits bassins versant (bassin versant de oued El Abiod, le bassin de Dermoun, le bassin de oued Djedi, le bassin de oued El Arab, le bassin de oued Zeribet, et le bassin de Biraz-Atrous).

Sur le plan administratif, le bassin du Zab Est s'étend principalement sur la région Est de la Wilaya de Biskra. Il comprend cinq Daïra, englobant onze communes : Biskra, Sidi Okba, Chetma, Ain Naga, Zeribet El Oued, M'Ziraa, El Feidh, El Houche, El Hadjeb, M'Chouneche, Khangat Sidi Nadji. Le bassin du Zab Est de Biskra est soumis à un climat aride et sec, avec un hiver froid et sec et un été chaud et sec, la température moyenne annuelle à la station de Biskra est de l'ordre de 23 °C et des précipitations ne dépasse pas le 200 mm/an dans les stations de la région du Zab Est de Biskra sauf à la station de T'Kout au nord en zone de montagne dépassant les 300 mm/an.

Après Les conditions naturelles citées précédemment, nous avons étudié les différentes fonctions socio- économiques qui entre en contact direct avec l'utilisations de cette ressource importante comme : le nombre des populations , les activités agricoles et industriels dans le bassin versant du Zab Est de Biskra, en suite on a procédé à l'évaluation des ressources en eau de surface et souterraine reconnues, mobilisées et exploitées et la manière de leur distribution actuelle au niveau de l'alimentation en eau potable, l'utilisations agricoles et industrielles. En fin de compte nous donnons une estimation perspective des besoins en eau des différents secteurs a court, moyen et longue terme, et un aperçu sur l'état des réseaux d'assainissement.

L'affectation des ressources en eau dans le bassin du Zab Est de Biskra, la partie la plus importante des eaux mobilisées est destinée à la satisfaction des besoins agricole (utilisation pour l'irrigation), avec un volume de 280,6 Hm³/ an, soit un taux de 90,03 %. Toutefois, cette dominance est due aux besoins d'irrigation qui ne cessent de croître. Les besoins domestiques tiennent une place prépondérante dans les prélèvements d'eau dans le bassin, un volume de 30,81 Hm³, soit 9,88 % de la totalité des ressources mobilisées. Le volume consacré pour couvrir les besoins en eau industrielle est évalué à 0,26 Hm³ par an, soit 0,08 % des ressources mobilisées.

Vue cette situation, qui parait angoissante, nous essayons pour la première fois d'appliquer les concepts d'une gestion rationnelle et durable des ressources en eau, en se basant sur un diagnostic quantitatif et qualitatif des potentialités hydriques dans le bassin, pour arriver à mettre les grands axes de cette nouvelle vision qui a pour but d'améliorer la gestion actuelle de l'eau, en favorisant une meilleure harmonisation entre les divers besoins et intérêts des communautés humaines et ceux des écosystèmes aquatiques, et éviter des lendemains déficitaires en eau.

Mots Clés: Gestion intégrée, bassin versant du Zab Est de Biskra, ressources en eau, pollution, potentialités hydriques, besoins, écosystèmes aquatiques.

ملخص

ويخصص هذه الدراسة إلى تشخيص وتحديث الموارد في مستجمعات المياه السطحية والجوفية في منطقة الشرق الزاب بسكرة. والمقصود في المقام الأول إذا ثبت بناء على مجموعة كبيرة من البيانات لتقييم موارد المياه الجوفية في المياه المخصصة للاستخدام المنزلي والزراعة والصناعة لتسليط الضوء على النقاط الرئيسية لإدارة المستدامة والرشيدة للموارد المياه في البيئات القاحلة.

حوض الشرق الزاب بسكرة يغطي مساحة 9668 كم² التي يبلغ عدد سكانها ما يقرب من 349000 شخصا ويضم ستة أحواض هيدروغرافية صغيرة (حوض واد الأبيض, حوض درمون, حوض وادي دجدي, حوض وادي العرب, حوض واد الزريبة, و حوض ببرز-عتروس).

إداريا، حوض الزاب الشرقي بسكرة يتربع على المنطقة الشرقية من ولاية بسكرة. وتضم خمسة الدائرة، التي تشمل أحدا عشرة بلدية: بسكرة, سيدي عقبة, شتمة, عين النقة, زريبة الواد, المزيرعة, الفيض, الحوش, الحاجب, مشونش, خنقة سيدي ناجي. حوض الشرق الزاب بسكرة يخضع للقاحلة والجافة، مع شتاء بارد وجاف وصيف حار جاف، ويبلغ متوسط درجة الحرارة السنوي في محطة بسكرة 23 درجة مئوية وهطول الأمطار لا يتجاوز 200 ملم / سنة في محطات منطقة الزاب الشرقي بسكرة باستثناء محطة تكوت في المنطقة الشمال الجبلية تزيد عن 300 مم / السنة.

بعد الظروف الطبيعية المذكورة أعلاه، قمنا بدراسة مختلف الوظائف الاجتماعية والاقتصادية التي تتلامس مباشرة مع استخدامات هذا المورد الهام حيث بلغ عدد السكان، والأنشطة الزراعية والصناعية في مستجمعات المياه في الشرق الزاب من بسكرة، ونتيجة لذلك قمنا بتقييم الموارد المائية السطحية والجوفية المعترف بها، وتعبئة واستغلالها وكيفية توزيعها الحالي في إمدادات مياه الشرب، والاستخدامات الزراعية والصناعية. في النهاية نعطي وجهة نظر تقدير الاحتياجات المائية لمختلف القطاعات لديها على المدى القصير والمتوسط والطويل، وعلى لمحة شاملة عن حالة الصرف الصحي.

تخصيص الموارد المائية في حوض شرق الزاب بسكرة، فإن المقصود من أهم جزء من المياه المعبأة لتلبية الاحتياجات الزراعية (تستخدم لأغراض الري (وبلغ حجم التداول 280.6 هـم³ سنة وبنسبة قدرها 90,03٪. ومع ذلك، فإن هذا يرجع إلى هيمنة احتياجات الري آخذة في النمو. تعبئة وبلغ حجم التداول 30.81 هـم³ وبنسبة 9.88٪ من مجموع الموارد لسد الاحتياجات المحلية هي الغالبة في سحب المياه في الحوض، وتشير التقديرات إلى أن حجم المخصص لتغطية الاحتياجات من المياه الصناعية في 0,29 هـم³ سنويا، أو تعبئة 0.08٪ من موارد.

عرض هذا الوضع، الذي يبدو مخيفا، ونحن أول محاولة لتطبيق مفاهيم لإدارة رشيده ومستدامة للموارد المائية، استنادا إلى تقييم كمية ونوعية المياه المحتملة في الحوض، لتصل إلى إلى التوجهات الرئيسية لهذه الرؤية الجديدة التي تهدف إلى تحسين إدارة المياه الحالية، من خلال تشجيع مزيد من التنسيق بين مختلف احتياجات ومصالح المجتمعات البشرية وتلك النظم البيئية المائية، ومنع الغد المياه التي تعاني من نقص.

كلمات البحث: التسيير المتكامل، مصب حوض الزاب الشرقي بسكرة، الموارد المائية، والتلوث، وإمكانات المياه، والاحتياجات، و الأنظمة البيئية المائية.

Abréviations

ABH	: Agence de Bassin Hydrographique
ACCESS	: Logiciel de Bases de données
AEI	: Alimentation en eau industrielle
AEP	: Alimentation en eau potable
ANRH	: Agence Nationale des Ressources en Eau
BDD	: Base de données
BDSCEN	: Base de données d'une variante
BV	: Bassin versant
BV06	: Bassin versant de Chott Melrhir (n°06 selon la codification ANRH)
CI	: Continental Intercalaire
CT	: Complexe Terminal
DEAH	: Direction des Etudes d'Aménagement Hydraulique
DHW	: Direction de l'Hydraulique de Wilaya
DSA	: Direction des Services Agricoles
FAO	: Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
GCA	: Générale des Concessions Agricoles
GPI	: Grand Périmètre Irrigué
GTZ	: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) : GmbH
ETP	: Evapotranspiration Potentielle
MNT	: Modèle numérique de terrain
MRE	: Ministère des Ressources en Eau
ONID	: Office National de l'Irrigation et du Drainage
OSS	: Observatoire du Sahara et du Sahel
PDARE	: Plan Directeur d'Aménagement des Ressources en Eau
PMH	: Petite et Moyenne Hydraulique
SASS	: Système Aquifère du Sahara Septentrional
SIG	: Système d'information Géographique
Step	: Station d'épuration

Remerciement

A la fin de ce travail j'adresse mes sincères remerciements à mon Dieu le grand créateur qui m'a guidé dans mes travaux pour aboutir à ces résultats.

Il est temps pour moi d'exprimer mes remerciements à tous ceux qui m'ont apporté aides et conseils durant la réalisation de ce travail en particulier :

Monsieur ZOUINI Derradji pour m'avoir suivi et encadré efficacement pendant ces années, sa disponibilité de tous les jours et ses nombreux et fructueux conseils ont fortement contribué à créer l'excellence des conditions de travail.

Je tiens aussi à remercier les membres de jury d'avoir accepté et juger ce travail.

Je tiens aussi à remercier messieurs : Toumi Riad, Hadj Meftah, Alhamel Ahmed, Said.

Je ne peux jamais oublier les gens avec lesquels j'ai partagé les merveilleux moments durant le cycle de formation: Dris Ahmed, Hameza, Bouzid, Hacen, Samir, Mohamed, Zinedine, Abd el Malek, Fateh, Nouredin, Rafik. Rabeh..., je leur dis un grand merci pour les bons moments passés ensemble et aussi pour leur soutien durant tous les moments difficiles.

De même je suis très reconnaissant à ma promotion de Post Graduation d'Hydrogéologie et de Géosciences.

Je voudrais également remercier mes enseignants du département de Géologie de l'Université Badji Mokhtar, Annaba, ainsi que le chef de département.

J'ai remercié toute personne, qui de près ou de loin ayant généreusement contribué à l'élaboration de ce travail.

Si par mégarde, j'ai oublié quelqu'un, qu'il me pardonne et qu'il soit remercié pour tous.

DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail à celui que je ne pourrais jamais remercier assez, à la mémoire de mon père.

A ma mère, je tiens à exprimer ma profonde gratitude et tous mes respects pour toute son aide, son affection et son sacrifice.

A ma femme comme simple témoignage de ma reconnaissance, pour l'immense effort qu'elle a fournie le long de mes études.

A ma grande mère.

A mes frères : Saadi et Hacen.

A mes sœurs : Mounira, Chahra, Werda, Fatima zohra.

A toute ma famille et tous mes amis.

A tous ceux qu'un jour profiteront de ce travail.

Liste des Figures

Fig. 1. Localisation des principaux ensembles géomorphologiques du Nord de l'Algérie et de la Tunisie (d'après Guiraud R., 1990) ; en encadré la zone d'étude.....	3
Fig.2. Situation du bassin versant du Chott Melrhir (source ABHS).....	4
Fig.3. Situation géographique de la région du Zab Est.....	6
Fig.4. Les bassins versant concernés par l'étude.....	10
Fig.5. Extrait de la carte géologique de la région d'étude (ANRH d'après R.GUIRAUD, 1973).....	24
Fig.6. coupe géologique de la région Sud de l'Aurès (ANRH d'après R.GUIRAUD, 1973).	33
Fig.7. coupe géologique de la région de Garta (ANRH d'après R.GUIRAUD, 197.....	34
Fig.8. Extrait de la carte Structurale (ANRH d'après R.GUIRAUD, 1973).....	35
Fig.9 .Coupe géologique AB à Ras Chicha aux environs de Chetma in.M. Chebbah, 2007...	37
Fig.10. Passant par le synclinal de Rhassira (d'après R.LAFFITTE, 1939).....	37
Fig.11. Extrait de la carte géologique simplifiée la région de Biskra (ANRH d'après R. GUIRAUD, 1973).....	40
Fig.12.Extrait de la carte géologique de la région de Biskra ANRH d'après R. GUIRAUD, 1973.....	41
Fig.13. Répartition des stations pluviométriques dans le Zab Est de Biskra.....	43
Fig.14. Vitesse moyenne des vents à la station de Biskra (1988/89-2009/10).....	44
Fig.15. Evaporation moyenne mensuelle de la station de Biskra (ONM).....	45
Fig.16. L'ensoleillement moyenne mensuelle de la station de Biskra (ONM).....	45
Fig.17. Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station de Biskra (ONM) (1988/1999-2009/2010).....	48
Fig.18. Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station de Foug El Gherza (1988/89-2009/10).....	49
Fig.19. Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station de M'Ziraa (1992/1993-2009/2010).....	49
Fig.20. Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station de Tiferfer (1988/1989-2009/2010).....	50
Fig.21. Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station de Tiferfer (1988/1989-2009/2010).....	50
Fig.22. Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station de Tiferfer (1988/1989-2009/2010).....	51

Fig.23. Variation des températures moyennes mensuelles dans la station de Biskra (ONM) durant la période (1988/1989-2009/2010).....	52
Fig.24. Les diagrammes Ombro-Thermique dans les six stations du Zab Est de Biskra (1988/89-2009/2010).....	54
Fig.25. Représentation graphique du bilan d'eau selon la méthode de C.W.Thornthwaite Dans les six stations (1988/89-2009/2010).....	58
Fig.26. Crue du 29 et 30 Mars 2004.....	67
Fig.27. Crue du 15 et 16 Avril 2004.....	67
Fig.28. Crue du 03, 04 Mai 2006.....	67
Fig.29. Carte de chevelu hydrographique du Zab Est de Biskra.....	70
Fig.30. Carte d'inventaire des points d'eau de la plaine alluviale du Zab Est de Biskra Mai 2008.....	78
Fig.31. Carte piézométrique de la nappe Moi-Pliocène du Zab Est de Biskra Mai 2008 (d'après ANRH, Biskra).....	80
Fig.32. Le volume d'eau exploité par nappe et par daïras dans la région d'étude.....	89
Fig.33. Le volume d'eau non exploité dans la région du Zab Est.....	90
Fig.34. Le volume d'eau exploité par nappe dans la région du Zab Est.....	91
Fig.35. L'affectation des ressources en eau dans la région d'étude.....	93
Fig.36. Schéma récapitulatif du potentiel hydrique dans le bassin du Zab Est de Biskra(2008).....	94
Fig.37. Diagramme de piper pour les eaux souterraines dans la région d'étude.....	103
Fig.38. Diagramme de piper pour les eaux souterraines dans la région d'étude.....	104
Figure.39. Carte d'inventaire des points de prélèvements dans le bassin du Zab Est.....	105
Figure.40. Evolution dans le temps de la population dans la région du Zab Est de Biskra (2008-2035).....	110
Figure.41. Evolution dans le temps des besoins en eau potable dans la région du Zab Est de Biskra (2008-2035).....	110
Figure.42. Répartition des surfaces agricoles totale et utile dans les communes de la région du Zab Est de Biskra.....	114
Figure.43. Evolution dans le temps des superficies irriguées dans la région du Zab Est de Biskra (2008-2035).....	126
Figure.44. Evolution dans le temps des besoins en eau d'irrigation dans la région du Zab Est de Biskra (2008-2035).....	126

Figure.45. Evolution dans le temps des besoins en eau pour l'industrie dans la région du Zab Est de Biskra (2008-2035).....	128
Figure.46. Evolution des besoins en eau globaux des différents secteurs usagers dans La région de Zab Est de Biskra aux différents horizons (2008-2035).....	129

Liste des Tableaux

Tab.1. Situation administrative des communes du Zab Est.....	7
Tableau.2. Les altitudes et relief dans le bassin versant du Zab Est.....	9
Tab.3.Périmètres curvimètres des petits bassins de Zab Est de Biskra.....	11
Tab.4. Les différents indices calculés des petits bassins versants du Zab Est de Biskra.....	12
Tab.5. Paramètres des longueurs et largeurs des petits Bassins versants de Zab Est.....	13
Tab.6. Caractéristiques du rectangle équivalent des sous bassin versant Zab Est de Biskra...	14
Tab.7.Les caractéristiques du chevelu hydrographique du bassin versant d'Oued Abiod.....	14
Tab.8. Les caractéristiques du chevelu hydrographique du bassin versant d'Oued Arab.....	15
Tab.9. Les caractéristique du chevelu hydrographique du bassin versant d'Oued.....	15
Tab.10. Les caractéristiques du chevelu hydrographique du bassin versant d'Oued Dermoun.....	16
Tab.11. Les caractéristique du chevelu hydrographique du bassin versant d'Oued Biraz Atrous.....	16
Tab.12. Les caractéristique du chevelu hydrographique du bassin versant d'Oued Zeribet..	17
Tab.13. Densités de drainage calculé du bassin versant du Zab Est.....	17
Tab.14. Longueurs des talwegs principaux du bassin versant du Zab Est.....	18
Tab.15. Répartition des superficies en fonction des tranches d'altitude dans le bassin versant du Zab Est.....	19
Tab.16. Classification des pentes selon le F.A.O.....	20
Tab.17. Temps de concentration du bassin versant du Zab Est.....	21
Tab.18. Vitesses d'écoulement des sous bassins versant du Zab Est de Biskra.....	21
Tab.19. Les stations pluviométriques de la région du Zab Est de Biskra.....	42
Tab.20. Variation des précipitations dans la région de Zab Oriental.....	47
Tab.21. Précipitations moyennes mensuelles et saisonnières dans le Zab Est de Biskra.....	48
Tab.22. Température moyennes mensuelles en °C à la station de Biskra (ONM).....	51
Tab.23. Les valeurs de l'ETR par la formule de TURC.....	59
Tab.24. Les résultats des ruissellements "R" dans les Six stations.....	60
Tab.25. Les résultats de l'infiltration efficace "I" dans les six stations.....	60
Tableau 26; les apports liquides annuels.....	65

Tab 27 : les débits annuels d'oued Abiod.....	69
Tab 28 : les débits annuels d'oued Arab.....	69
Tab.29. Synthèse géologique et hydrogéologique (D'après ENAGEO).....	82
Tab.30. les apports des oueds de la région des Zab Est de Biskra.....	86
Tab.31. Le volume d'eau par nappe dans la région de Zab Est.....	88
Tab.32. Le volume d'eau non exploité par nappe dans la région du Zab Est.....	89
Tab.33. Le volume d'eau exploité et non exploité dans la région du Zab Est.....	91
Tab.34.Répartition par zone et par usage, des volumes d'eau soutirés à partir des différentes nappes.....	92
Tal.35. représente les paramètres physicochimiques dans la région du Zab Est.....	100
Tab.36. Détermination du facies chimique des eaux de surface et les eaux souterraines de la région de Zab Est de Biskra (2010) par la formule ionique.....	102
Tab.37. Perspective de l'évolution de la population et de la demande en eau potable dans la région du Zab Est de Biskra.....	109
Tab.38. Tableau récapitulatif de la population et l'alimentation en eau potable dans la région du Zab Est de Biskra.....	112
Tab.39. Répartition des surfaces agricoles totale et utile dans les communes de la zone d'étude.....	114
Tab.40. Périmètre ou aire d'irrigation existant hors grands périmètre gérés par l'OPI.....	115
Tab.41. Répartition de la superficie irriguée par système d'irrigation (les techniques d'irrigations) dans la région d'étude.....	117
Tab.42. Répartition de la superficie irriguée par types de cultures dans la région d'étude.	119
Tab.43. Répartition des palmiers dans la région d'étude.....	120
Tab.44. les besoins en eau pour l'irrigation dans la région de Zab Est de Biskra.....	121
Tab.45. Répartition des besoins en eau d'irrigation par nature de ressources en eau.....	123
Tab.46. Répartition des besoins en eau d'irrigation par type de culture.....	124
Tab.47. Répartition des besoins en eau d'irrigation par type de culture.....	125
Tab.48. Evolution dans le temps des besoins en eau d'irrigation dans le périmètre du Zab Est de Biskra (2008-2035).....	126
Tableau.49. Evolution dans le temps des besoins en eau pour l'industrie dans la région de Zab Est de Biskra (1008-2035).....	127
Tableau.50. Besoins en eau globaux des différents secteurs usagers dans la région du Zab Est de Biskra aux différents horizons (2008-2035).....	128

Tableau des Matières

INTRODUCTION GENERAL.....	1
Présentation de la région administrative de la wilaya de Biskra.....	2
CHAPITRE I.....	4
LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA.....	4
I. LES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES.....	4
1. Situation géographique de la zone d'étude.....	4
2. L'organisation administrative et contexte socio-économique.....	6
3. Les caractères morphométriques et le chevelu hydrographique du Zab Est.....	8
II. LES CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES.....	22
1. Stratigraphie régionale.....	25
Le secondaire	25
Trias.....	25
Le Jurassique.....	25
Le Crétacé.....	25
Crétacé inférieur.....	26
Le Néocomien.....	26
Le Barrémien.....	26
L'Aptien.....	26
L'Albien.....	26
Crétacé supérieur.....	26
Cénomanién.....	27
Turonien.....	27
Sénonien inférieur.....	27
Coniacien.....	27
Santonine.....	27
Sénonien supérieur.....	27
Campanien.....	27
Maestrichtien.....	28
Le tertiaire.....	28
Paléogène.....	28
Le paléocène.....	28
L'Eocène.....	28

L'éocène inférieur.....	28
L'Eocène moyen.....	29
L'Oligocène.....	29
Le Néogène.....	29
Miocène inférieur et moyen.....	29
Miocène supérieur.....	30
Pliocène.....	30
Le pliocène.....	30
Le Quaternaire.....	31
Le Quaternaire inférieur.....	31
Le Quaternaire supérieur et moyen.....	31
Dépôts actuels.....	32
La tectonique.....	35
Paléogéographie.....	38
III. LES CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES.....	42
1. L'équipement hydro-pluviométrique de Zab Est de Biskra.....	42
2. Les paramètres météorologiques déterminants.....	43
Le régime des Vents.....	43
L'humidité relative de l'air.....	44
L'ensoleillement.....	45
Les Précipitations.....	46
Les Températures.....	51
Le bilan d'eau.....	55
Le calcul de l'ETP par la méthode de C.W. THORNTWAITE.....	55
Le calcul de l'ETP par la méthode de C.W. Thornthwaite.....	56
Le calcul de l'évapotranspiration réelle ETR par la méthode de Turc.....	59
Estimation du ruissellement.....	59
Estimation de l'infiltration.....	60
Conclusion.....	61
VI. LES CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES.....	62
1. Les stations hydrométriques principales.....	62
Hydrographie et ressources en eau de surface.....	63
Les principaux oueds de la région de Zab Est.....	63
Bassin versant de l'oued Djedi.....	63

Oued Biskra.....	63
Oued el-Abiod.....	64
Oued El Arab.....	64
Les débits maximaux annuels et leur variabilité (Les crues).....	64
La crue du 8 Mai 2000.....	65
La crue du 20 juin 1920.....	65
La crue du 11septembre 1982.....	65
Les crues récentes du 29-30 Mars 2004 et du 15-16 Avril 2004 et du 3-4 Mai 2006.....	65
Les variations mensuelles des écoulements moyens et maximaux.....	68
Oued El Abiod.....	68
Oued El Arab.....	69
Conclusion.....	71
CHAPITRE II.....	72
LES CARACTERISTIQUES HYDROGEOLOGIQUES.....	72
I. IDENTIFICATION DES DIFFERENTES NAPPES.....	72
1- Les nappes phréatiques.....	72
Répartition spatiale.....	72
La nappe des alluvions d'Oued Biskra.....	72
Les précipitations.....	74
Alimentation souterraine.....	74
2-Les nappes profondes.....	74
Nappe des sables.....	74
La nappe profonde du continental intercalaire.....	75
La nappe des calcaires éocènes inférieurs.....	76
II. L'INVENTAIRE DES POINTS D'EAU.....	77
III. LA PIEZOMETRIE.....	79
Conclusion.....	81
CHAPITRE III. LES RESSOURCES EN EAUX ET QUALITE.....	83
I. LES EAUX DE SURFACE.....	84
1-Les Oueds.....	84
Oued El Abiod.....	85
Oued El Arab.....	85
Oued Biskra.....	85

2-Les barrages.....	86
Le barrage de Foum El Gherza.....	86
Le barrage de Babar.....	86
II. LES EAUX SOUTERRAINES.....	87
1Les nappes aquifères.....	87
Nappe de Quaternaire.....	87
Nappe de Mio-pliocène.....	87
Nappe de Pontien.....	87
Nappe de Maestrichtien Nappe de l’Albien (Barrémien).....	88
Nappe d’Eocène inférieur.....	88
Nappe de Sénonien.....	88
2. Le volume d’eau exploité dans la région du Zab est par Daïra et par nappe.....	88
Le volume d’eau souterraine mobilisable dans la région du Zab Est.....	89
3. La mobilisation des eaux souterraines.....	90
Le volume d’eau exploité et exploitable dans la région du Zab Est.....	91
La mobilisation des eaux de surface.....	91
L'affectation des ressources en eau dans le bassin du Zab Est de Biskra.....	91
III. QUALITE DES EAUX.....	95
Hydrochimie.....	95
Normes de potabilité des éléments majeurs.....	96
Calcium.....	96
Magnésium.....	97
Sodium.....	97
Potassium.....	97
Chlorures.....	97
Sulfates.....	97
Bicarbonates.....	97
Caractéristiques physicochimiques.....	97
Les températures.....	97
Conductivité.....	98
Le Ph.....	99
Le résidu sec.....	99
Minéralisation.....	99
La dureté.....	99

Les faciès chimiques.....	101
La formule ionique.....	101
Origine et signification géochimique des éléments chimiques.....	106
Les ions Ca^{+2} et Mg^{+2}	106
Les ions Cl^- , Na^{+2} et K^+	106
Les ions sulfates SO_4^{-2}	106
Les bicarbonates HCO_3^-	106
Conclusion.....	107
CHAPITRE IV.....	108
ESSAI DE GESTION RATIONNELLE DES EAUX DANS LE BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA.....	108
I-ALIMENTATION EN EAU POTABLE.....	108
Evolution de la population.....	108
L'estimation de la population future.....	108
Les ressources et l'approvisionnement en eau potable.....	111
II. ALIMENTATION EN EAU D'IRRIGATION.....	113
Le périmètre irrigué dans la région du Zab Est de Biskra ; Présentation physique.....	113
Périmètre ou aire d'irrigation existant hors grands périmètre gérés par l'OPI.....	115
Répartition de la superficie irriguée par système d'irrigation (les techniques d'irrigations).....	115
Répartition de la superficie irriguée par types de cultures.....	117
Les cultures maraîchères.....	117
Les cultures fourragères.....	117
Les cultures industrielles.....	118
L'arboriculture fruitière.....	118
Les légumes secs et céréales.....	118
Répartition Générale de la SAU et Place de la Phoeniciculture et nombre des palmiers....	119
Demandes en eau PMH.....	120
Données PMH – Estimation à partir de recoupements sur le terrain.....	120
La situation future de l'alimentation en eau d'irrigation.....	121
III. ALIMENTATION EN EAU INDUSTRIELLE.....	127
Les besoins futurs en eau industrielle.....	127
IV. LES BESOINS EN EAUX GLOBAUX DANS LE ZAB EST.....	128
V. LES MESURES A ENVISAGER POUR L'IRRIGATION.....	129

1. Amélioration de l'irrigation.....	130
2. Amélioration de l'efficacité de cultures.....	131
CONCLUSION GENERALE.....	132

ANNEXE

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

La gestion rationnelle ou intégrée des ressources en eau et en sols et la maîtrise des techniques hydro-agricoles dans ce vaste territoire, fragile et complexe, qui se distingue par une superficie de plus de deux millions de Km² sont aujourd'hui une nécessité en vue d'assurer un développement harmonieux et durable et ce pour une agriculture moderne et performante.

Malheureusement, dans plusieurs régions, surtout celles situées au Sahara Septentrional sont confrontées aujourd'hui à des problèmes de remontée des eaux provenant des nappes profondes qui sont néfastes pour les cultures et les habitations. Cette remontée des eaux est l'une des causes de l'accroissement de l'excès de salinité dans les sols en surface. Cette sécheresse a engendré le plus souvent, la chute des rendements des cultures et des fois la stérilisation des sols par la destruction de la structure même. D'une manière générale les eaux destinées pour l'alimentation en eau potable et à l'irrigation, ainsi que celles destinées pour les besoins industriels, proviennent surtout des eaux souterraines. De point de vue quantité, l'eau au Sahara est généralement disponible et ce, grâce à d'importants aquifères, surtout au bas Sahara (Sahara Septentrional); mais la qualité physico-chimique de cette eau (salinité) dans certaines régions est le plus souvent médiocre. Cette salinité des eaux, dont une partie est d'origine géologique (primaire) s'accroît continuellement par une mauvaise gestion de la ressource en eau et en sols (salinisation secondaire).

Cette salinisation de la ressource en eau est aggravée dans certains cas par une pollution d'origine anthropique, le plus souvent domestique, industrielle ou agricole, ce qui rend l'eau le plus souvent impropre à la consommation et des fois même à l'irrigation. En effet, la qualité des eaux dans les différentes régions sahariennes et notamment, celles situées au centre et au nord (Ouargla, El Oued, Biskra) sont de mauvaises qualité et leur teneur en sels peut dépasser les 7 g/l de résidu sec (région de Oued Rhir). Cette forte teneur en sels conjuguée à la présence d'une nappe phréatique superficielle est l'une des principales causes de la stérilisation des sols de plusieurs zones agricoles.

Cette situation alarmante illustre parfaitement l'absence d'une maîtrise organisationnelle de distribution et de disponibilité en eau de bonne qualité. L'accroissement rapide de l'utilisation de ces ressources en eau sans une politique de planification et de gestion a créé des situations graves, pouvant avoir des conséquences préjudiciables et irréversibles sur le milieu. Le respect d'une gestion en eau cohérente et rigoureuse est la seule manière de préserver cette précieuse ressource,

INTRODUCTION GENERALE

qui est dans une grande partie du Sahara est vulnérable et très faiblement renouvelable (ressources fossiles). Il est à souligner, que la mauvaise gestion de la ressource en eau dans certaines régions du Sahara est à l'origine de la création ou/et de l'accroissement de certains phénomènes notamment, la pollution des nappes phréatiques par des rejets liquides d'origine domestique ou industrielle. Une gestion rationnelle de la ressource en eau permet d'éviter, une forte minéralisation et évite la pollution.

L'utilisation des eaux chaudes de l'Albien, principalement dans les régions de Oued Rhir, Oued Souf, Ouargla et Biskra a créé des problèmes d'obstruction par entartrage des canalisations d'eau destinée pour l'irrigation et/ou l'alimentation en eau potable (AEP) et ce malgré leur refroidissement.

Dans ce cadre, notre étude sur le bassin versant du Zab Est de Biskra a pour objectif l'identification des caractéristiques du bassin, la quantification des ressources en eau (superficielles et souterraines) pour une gestion durable.

Présentation de la région administrative de la wilaya de Biskra.

La région des Ziban, l'une des grandes oasis du Sahara algérien est composée de deux entités distinctes. Celle située à l'ouest de Biskra est appelée le Zab Gherbi regroupant administrativement les communes de Tolga, El Ghrous, Bordj ben azouz, Lichana, Bouchegroune, Foughala et El Hadjeb formant un premier groupement constituant l'axe nord de l'oasis. Alors que l'axe sud est formé par l'ensemble des communes suivantes : Oumeche, Mili, Ourelal, Mekhadema et Lioua.

Par contre, l'oasis du Zab Est se situe à l'est de Biskra regroupant administrativement les communes de Sidi Okba et Chetma avec les palmeraies de Thouda, Seriana et Garta. Cette région fait partie de la wilaya de Biskra qui constitue l'une des grandes régions du Sud-Est algérien. Elle est située à l'ouest du chef lieu de la wilaya, limitée au Nord par les communes d'El Outaya, Branis et Mechounech, à l'Est par les communes d'Ain Naga, El Haouch et au Sud par la commune de Still qui fait partie de la wilaya d'El Oued et à l'Ouest par les communes de Zerzour, et Ouled Slimane faisant partie de la wilaya de M'sila ainsi que de la commune de Chaiba (Voir carte 01). Le bassin du Zab Est de Biskra regroupe en réalité dix communes (tab.1).

INTRODUCTION GENERALE

Géographiquement la région des Ziban est comprise entre 34° 38' et 35° 5' de latitude nord et entre 4° 56' et 5°35' de longitude Est. La superficie totale des différentes communes de la région de Zab Est de Biskra couvre une partie importante de la wilaya de Biskra.

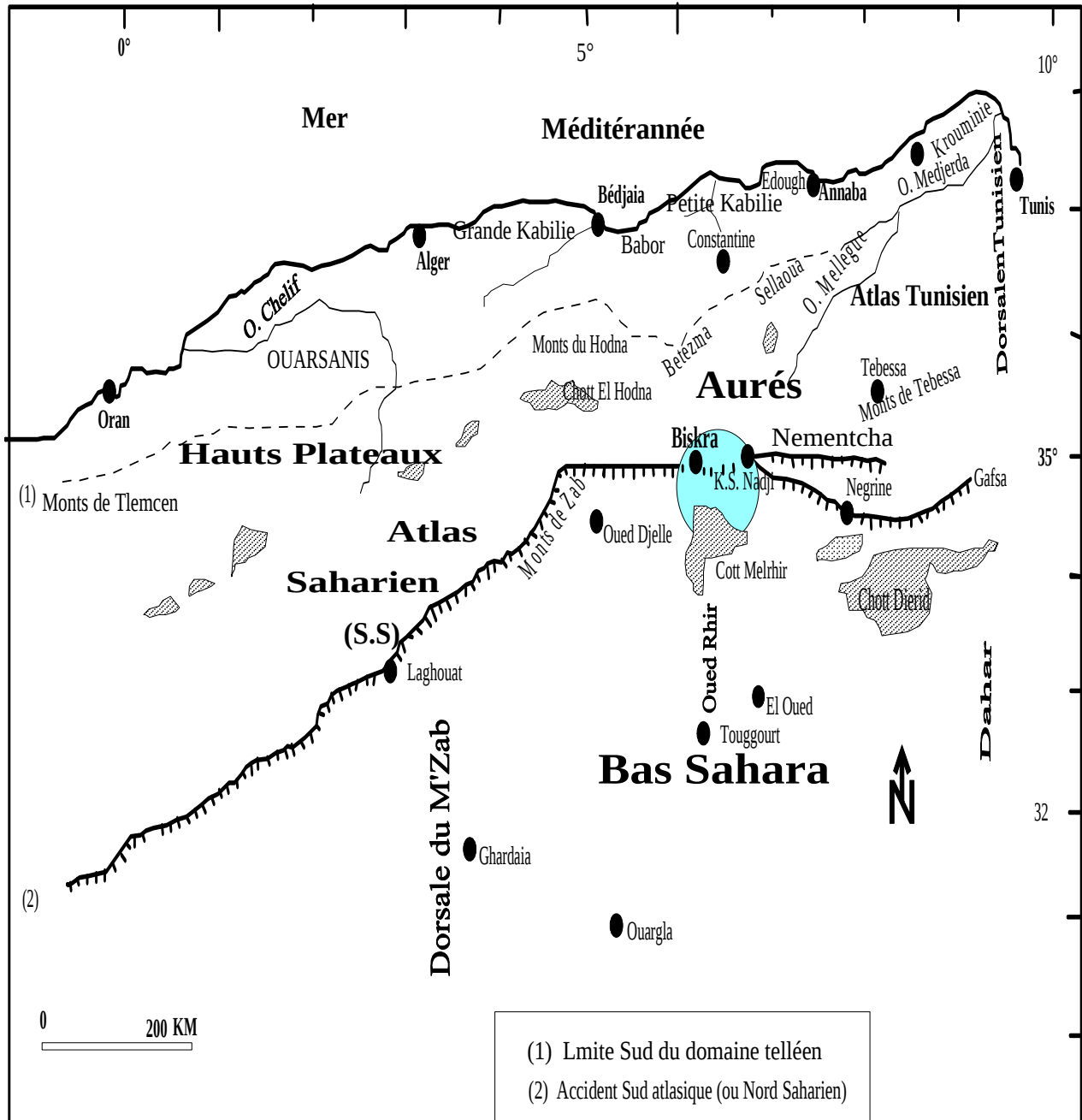


Fig. 1. Localisation des principaux ensembles géomorphologiques du Nord de l'Algérie et de la Tunisie (d'après Guiraud R., 1990) ; en encadré la zone d'étude.

CHAPITRE I.

LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

I. LES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

1. Situation géographique de la zone d'étude

Le bassin du chott Melrhir du Sahara septentrional s'étend sur une superficie de 68 750 km². Ce dernier se trouve à l'entrée de la plateforme saharienne, à cheval entre le domaine montagneux atlasique au nord et le domaine saharien (Fig. 2), soit 3,4% de la surface totale du Sahara. Il est limité :

Au nord par respectivement de l'Est en ouest les bassins hydrographiques du Constantinois, du Hodna et du Zahrez.

Au sud par le bassin du Sahara septentrional, à l'est par le Chott Djérid en territoire Tunisien et à l'ouest par le bassin de Saoura Tindouf.

Il s'étend sur la totalité de la wilaya de Biskra et partiellement sur huit wilayas : Laghouat, Djelfa, Batna, M'sila, Tébessa, Khenchela et El Oued et regroupe au total 107 communes (cf. cartes de situation).

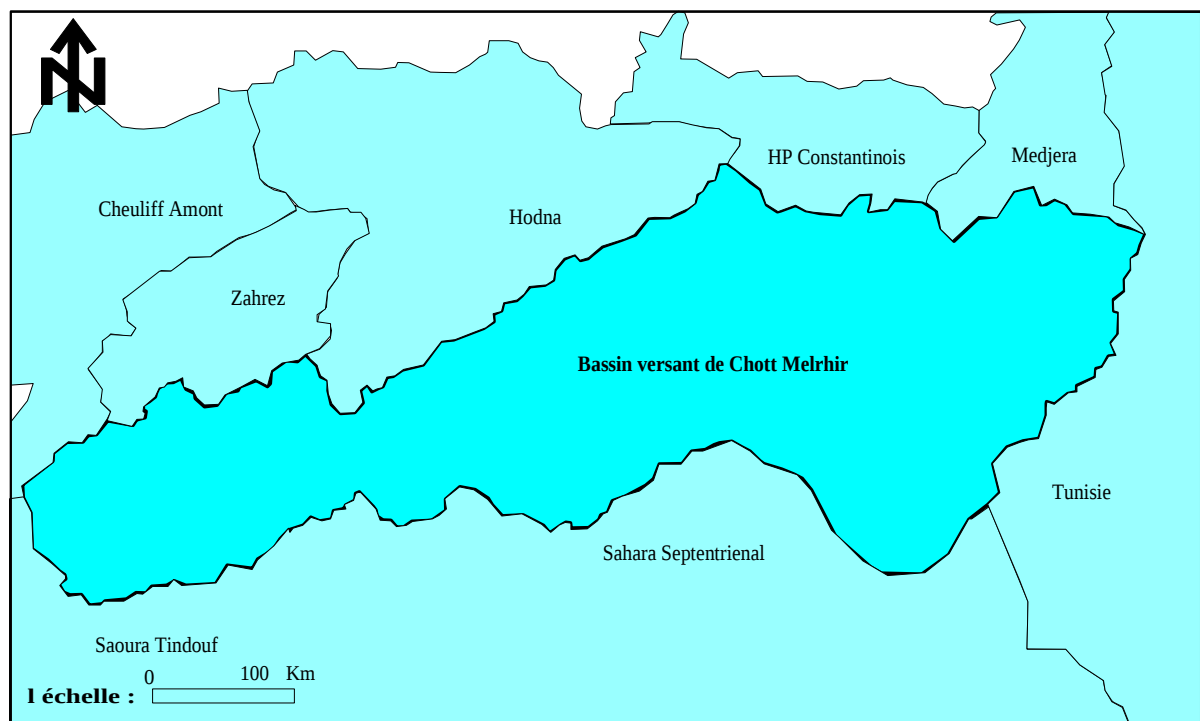


Fig.2. Situation du bassin versant du Chott Melrhir (source ABHS)

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

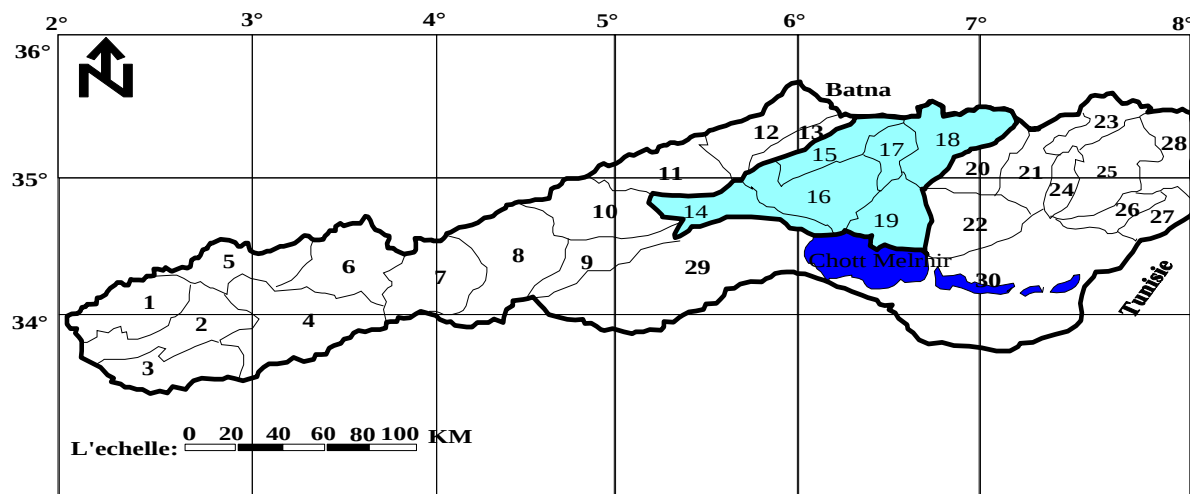
La zone d'étude couvre au Nord, la limite Sud des Aurès, une partie de l'atlas saharien oriental et la région des Zibans. Ceci englobe les bassins 14, 15, 16, 17, 18 et 19 du grand bassin hydrologique 06 (selon l'agence des bassins ABHS) du chott Melrhir (Fig. 3). La zone d'étude couvre donc une partie de l'Atlas saharien oriental et une partie de la plate-forme saharienne.

L'Atlas saharien oriental forme une vaste chaîne d'orientation SW- NE qui s'allonge depuis la frontière marocaine à l'Ouest jusqu'au massif des Aurès-Némencha (Benazzouz, 2000). A sa terminaison orientale la chaîne subit un rétrécissement maximal avec une dislocation des massifs et extension des plaines (plaine Sidi Okba). Les monts du Zab représentent la terminaison orientale de l'Atlas saharien

Le secteur situé dans l'Atlas saharien est limité à l'Ouest et au Sud-ouest par l'alignement des monts Metlili et Ahmar, au Nord par la terminaison des massifs des Aurès et au Sud par les derniers chaînons de l'Atlas saharien qui marquent l'accident Sud atlasique. Le secteur situé au niveau du bas Sahara est limité au Nord par l'accident Sud atlasique, à l'Est par le Chott Melrhir, à l'Ouest par la continuité des chaînes atlasiques orientées NE-SW (djebel Hamara) et au Sud par le tracé de l'oued Djedi.

Il est caractérisé par une nature agricole plus qu'oasienne, comprenant environ 25 Zab jadis gouvernaient par les capitales, Biskra, Sidi Okba, Zeribet el-Oued, Ourelal et Khangat Sidi Nadj. Il couvre une superficie de l'ordre de 9 668 Km², comprenant six bassins versant (bassin versant d'oued El Abiod, le bassin d'oued Dermoun, le bassin d'oued Djedi, le bassin d'oued El Arab, bassin versant d'oued Zeribet, et le bassin d'oued Biraz-Atrous).

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA



Carte du bassin de Chott Melhir (06)

14 Bassin de oued Djedi-Biskra

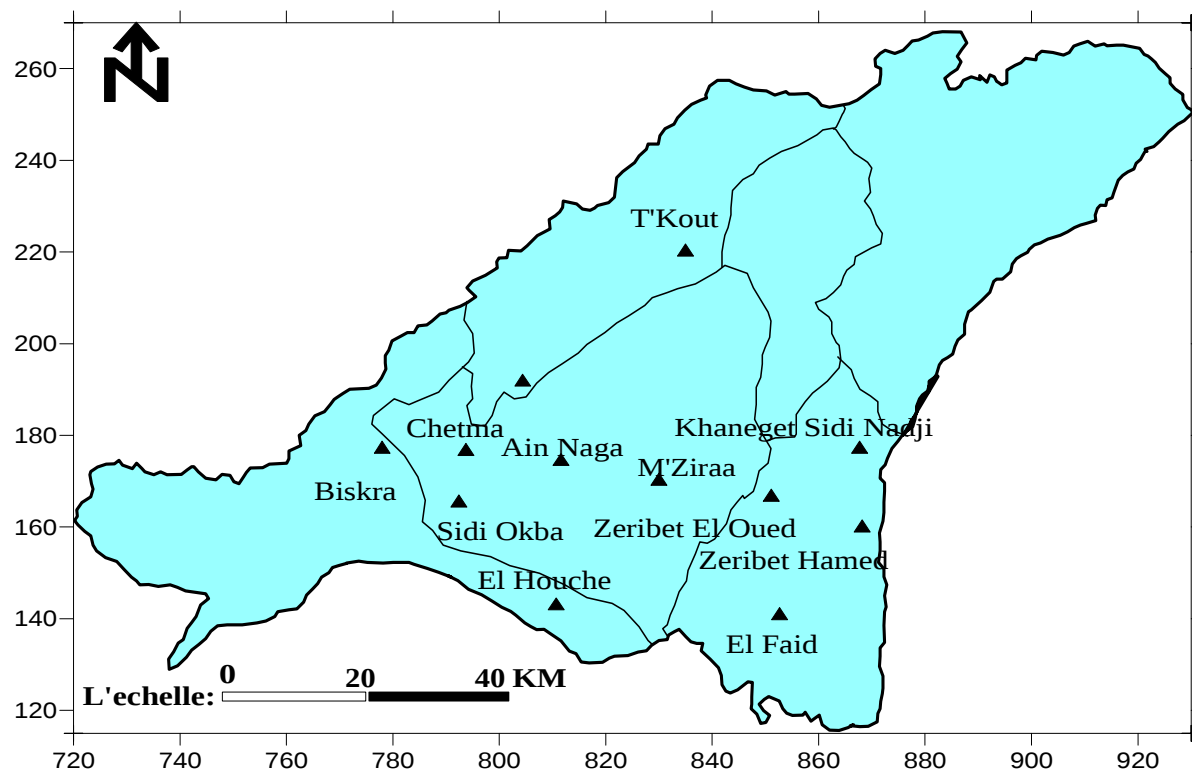
17 Bassin de oued Dermoun

15 Bassin de oued El Abiod

18 Bassin de oued El Arab

16 Bassin de oued Biraz-Atrous

19 Bassin de oued Zeribet



Les petites bassins du Zab Est.

Fig.3. Situation géographique de la région du Zab Est

2. L'organisation administrative et contexte socio-économique

Sur le plan administratif, le Zab Est s'étend principalement sur la région Est de la Wilaya de Biskra. Il comprend cinq Daïra, englobant onze communes; Biskra, Sidi Okba, Chetma, Ain

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

Naga, Zeribet El Oued, M'Ziraa, El Feidh, El Houche, El Hadjeb, M'Chouneche, Khangat Sidi Nadji.

Le bassin de Zab Est de la Wilaya de Biskra est caractérisé par une superficie totale de l'ordre 9 668 Km² et un périmètre de l'ordre 589 Km.

La population totale des sous bassins versant du Zab Est de Biskra est estimée à 348747 habitants, à l'an 2010, en se basant sur l'année de référence ou un RGPH (Recensement Générale de Population et d'Habitat) de l'année 2008, avec un taux d'accroissement démographique de l'ordre de 2.05% selon les données de la DPAT (Direction de Planification et d'Aménagement de Territoire).

La proportion de la population urbaine est estimée à 81% et les 19% restant représentent la population rurale. La projection de la population est présentée dans le tableau ci-dessous.

Tab.1. Situation administrative des communes du Zab Est

Commune	Population	Superficie (Km2)	Milieu de résidence
BISKRA	213 555	127,70	Urbain
SIDI OKBA	34 804	254,10	Urbain
El Hajb	10 484	208,10	Rural
ELHOUCHE	5 519	754,90	Rural
CHETMA	14 279	110,20	Rural
AIN ANEGA	12 497	507,80	Rural
ZERIBET EL EOUAD	22 807	500,90	Urbain
M'ZIRAA	7 902	960,80	Rural
EL FAIDH	13 244	375,10	Rural
KHENGET SIDI NAGI	3 158	80,10	Rural
MCHOUNECHE	10 498	504,40	Urbain
TOTAL	348 747	4384,1	Rural

L'industrie est le secteur d'activité le peu développé dans la région de Biskra : des petites industries dans le secteur privé et des moyennes industries dans le secteur publique. L'activité

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

agricole est bien représentée dans cette région par des agriculteurs privés. Cette activité est dominante sur quelques Oasis de palmerais localisées essentiellement autour des terres irriguées par le barrage de Foum El Gherza, les forages et les sources naturelles comme la source de : Ain Chetma.

3. Les caractères morphométriques et le chevelu hydrographique du Zab Est

Le bassin versant est défini topographiquement par la surface délimitée et par la ligne des partages des eaux qui passe par les lignes des crêtes et des lignes des plus grandes pentes, autrement dit, c'est la surface drainée par un cour d'eau et ses affluents, en amont d'une section donnée, par conséquent tout écoulement se manifestant à l'intérieur de cette surface doit forcément traverser la section normale considérée et s'écouler vers l'aval jusqu' à l'exutoire.

Les hydrologues caractérisent le relief par un indice global qui sera calculé après avoir décrit plus précisément le relief. Il détermine en grande partie l'aptitude au ruissellement des terrains l'infiltration et l'évaporation, c'est deux éléments essentiels dans le comportement hydrologique d'un bassin versant.

Se référant aux cartes topographiques suivantes :

- Batna, Barika, Khenchela, Zeribet El Oued et sidi Okba et Khanguet Sidi Nadji et El Oued avec une échelle de 1/200 000 nous avons déterminé les catégories d'altitudes qui sont comprises entre la catégorie de base 0 m et la catégorie maximale 2 000 m.
- L'altitude maximale se trouve dans la zone montagneuse du bassin versant d'oued El Abiod au nord cette altitude s'élève à environ 2 328 m (Dj Chélia).

Les reliefs ont généralement des altitudes moyennes.

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

Tableau.2. Les altitudes et relief dans le bassin versant du Zab Est

Les Djebels	Altitude (m)	Les Djebels	Altitude (m)
Dj. Chélia	2328	Dj. Berga	1290
Dj. El Azerg	1937	Dj. El Ouldja	329
Dj. Ahmer Khaddou	1925	Dj. Chechar	1460
Dj. Taktiout	1942	Dj Bourezal	483
Ternit El Abed	1871	Dj. Sfa	397
Dj. Mezble	1566	Dj. Toun Galite	537
Dj. Krouma	1670	Kef Si Zaid	382
Dj. Zellatou	1972	Dj Rheliss	500
Dj. Taoui	1890	Dj Chemekra	440
Dj. Koubount	1640	Kef Ali Mahmou	300
Rass Fourar	1598	Kat Zerzour	210
Touitel Blal	1621	Dj Yahmed	460
Ich Merzou	1834	Dj Guechricheur	340
Dj. Rheliss	602	Dj Guchrich	150

La région d'étude est caractérisée par un réseau hydrographique qui fait partie d'un grand bassin Saharien de Chott Melrhir.

La partie de Zab Est de Biskra est traversée par cinq principaux cours d'eau, à savoir, oued Djedi à l'Ouest avec six affluents, et l'Oued El Arab, principal cours d'eau de la zone d'étude et à l'Est avec cinq affluents, et l'Oued El Abiod et l'Oued Biskra qui se jettent dans l'Oued Djedi au lieu dit Saada au Nord. Ces oueds prennent leurs sources aux affluents des oueds de l'Aurès (Oued El Abiod et Oued Abdi) qui s'écoulent rapidement vers le sud. Mais ces oueds sont asséchés par l'évaporation, l'infiltration et les prélèvements effectués pour l'irrigation dans les vallées en amont. Seul l'Oued El Abiod reste pérenne jusqu'au piémont, dont le barrage de Foum El Gherza permet l'irrigation des périmètres de Seriana, Droh et Sidi Okba. Comme étant l'exutoire de l'ensemble des eaux de surfaces dans le bassin de Melrhir. Le chott reçoit les eaux des principaux oueds qui le traversent.

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

Les bassins versants sont le siège de la transformation des pluies en débits dans les Oueds et réagit en fonction des précipitations reçues. Les caractéristiques hydrologiques sont fonction d'une part du climat et d'autre part de la morphométrie (forme, relief, altitude, pente, réseau de drainage,...), de la nature des sols et de la couverture végétale.

Donc pour mieux comprendre le comportement hydrologique des bassins versant du Zab Est de Biskra, il est impératif de connaître les caractéristiques morphométriques expliquant le cycle de la transformation des pluies en débit, et s'apprêtent à une analyse.

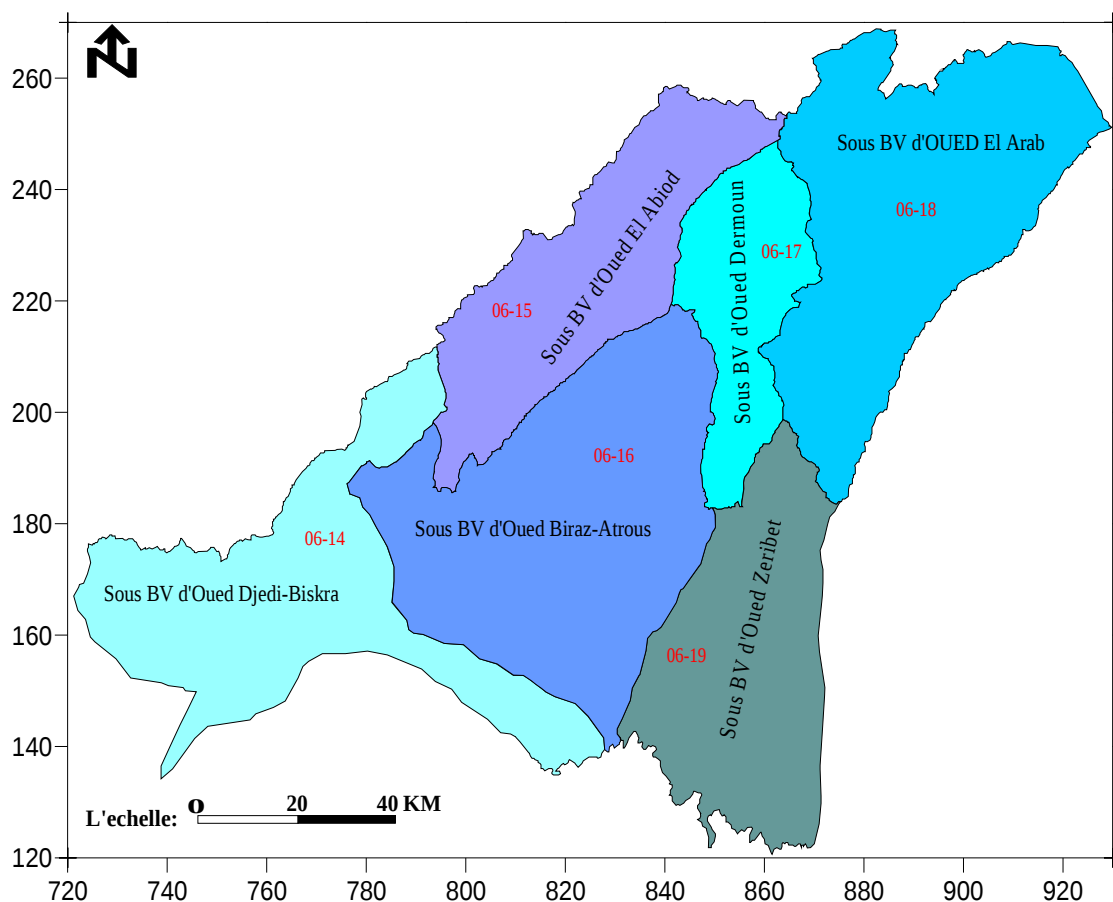


Fig.4. Les bassins versant concernés par l'étude

Pour calculer les différents paramètres du bassin versant de Zab Est de Biskra, nous avons utilisées les cartes topographiques suivant : Biskra, Sidi Okba, M'Chouneche, Khanguet Sidi Nadji et la carte de Zeribet El oued

Les périmètres et surfaces des petits bassins formant le grand bassin du Zab Est de Biskra sont illustrés dans le tableau ci-dessous.

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

Tab.3.Périmètres curvimètres des petits bassins de Zab Est de Biskra

Les petits bassins versants	Périmètre P en Km	Surface S en Km²
Bassin versant d'Oued Djedi-Biskra	336,87	1776,68
Bassin versant Oued El Abiod	220,86	1313,12
Bassin versant Oued Biraz-Atrous	240,03	2263,99
Bassin versant Oued Dermoun	156,75	785,04
Bassin versant Oued El Arab	264,15	2098,06
Bassin versant Oued Zeribet	205,91	1431,71
Bassin versant de Zab Est	588,90	9668,69

La superficie et la forme d'un bassin versant sont des facteurs influençant les débits écoulés.

Les indices admis par les hydrologues sont : l'indice de compacité de Gravelus (KC) de Luchisheva (1950), le facteur de forme de Horton 1932 (RF), et le rapport de circulation de Miller 1953 (RC). Ces indices sont donnés par les formules suivantes :

$$KC = 0.28 P / S^{1/2}$$

$$RF = S / L^2 B$$

$$RC = 4 \pi S / P^2$$

KC : l'indice de Gravelus

P : périmètre (km)

S : superficie (km²)

LB.V : longueur du bassin versant

Les indices de forme des sous bassin de l'Oued Zab Est de Biskra calculés figurent dans le tableau ci dessous.

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

Tab.4. Les différents indices calculés des petits bassins versants du Zab Est de Biskra

Petit bassin versant	Kc	Rf	Rc
Bassin versant d'Oued Djedi-Biskra	2,23	0,18	0,19
Bassin versant Oued El Abiod	1,70	0,26	0,33
Bassin versant Oued Biraz-Atrous	1,41	0,58	0,49
Bassin versant Oued Dermoun	1,56	0,28	0,40
Bassin versant Oued El Arab	1,61	0,36	0,37
Bassin versant Oued Zeribet	1,52	0,45	0,42
Bassin versant de Zab Est	1,67	0,25	0,35

On remarque que tous les petits bassins ont un indice de compacité supérieur à 1.12, ce qui montre leur forme allongée.

Le facteur de Horton (RF) égale à 0.79 pour un cercle, 1 pour un carré dont l'exutoire se situe au milieu d'un côté, où 0.5 si l'exutoire se situe au niveau de l'angle défini par deux côtés (longueur et largeur du bassin), ses le cas de notre bassin.

Le rapport de circularité de Miller (RC) est égal à 1 pour un cercle et décrit au fur et à mesure que l'élongation du bassin est importante.

La longueur du bassin versant mesurée à partir de l'exutoire jusqu'à la ligne de partage des eaux la plus proche de la source du plus long thalweg le long d'une ligne droite, et la largeur c'est la médiatrice de la droite représentative de la longueur du bassin versant.

Tab.5. Paramètres des longueurs et largeurs des petits Bassins versants de Zab Est

Les petits bassins versants	Longueur L_{bv} (Km)	Largeur B(Km)
Bassin versant d'Oued Djedi-Biskra	96,9	32,3
Bassin versant Oued El Abiod	70,6	28,1
Bassin versant Oued Biraz-Atrous	62,4	57,6
Bassin versant Oued Dermoun	52,8	26,5
Bassin versant Oued El Arab	75,4	38,3
Bassin versant Oued Zeribet	56,2	32,3
Bassin versant de Zab Est de Biskra	163,1	97,7

La configuration du bassin versant de Zab Est de Biskra ressemble à un rectangle étendu en sens de latitude. La variation de sa largeur le long de l'Oued est insignifiante ($L.B.V = 2B$).

Il s'agit d'une transformation géométrique dans laquelle le contour du bassin versant devient un rectangle de même périmètre et de même surface et les courbes de niveau des droites parallèles aux petits côtés du rectangle et l'exutoire un des petits côtés de rectangles :

- Même périmètre $P = 2 (L + I)$
- Même surface : $A = L. I$
- Même coefficient de compacité : $Kc = 1.59$

Donc :

$$Le = \frac{Kc\sqrt{A}}{1,12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{Kc} \right)^2} \right]$$

$$I = \frac{A}{Le}$$

Avec :

Le : Longueur du rectangle équivalent (Km).

I : Largeur du rectangle équivalent (Km).

Kc : Indice de compacité de Gravelus.

A : Superficie en (Km^2).

Nom des sous bassins versants Les dimensions du rectangle équivalent (Km)

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

Tab.6. Caractéristiques du rectangle équivalent des sous bassin versant Zab Est de Biskra

Les petits bassins versants	Longueur du rectangle équivalent (Km).	Largeur du rectangle équivalent (Km).
Bassin versant d'Oued Djedi-Biskra	155,47	11,4
Bassin versant Oued El Abiod	85,19	15,41
Bassin versant Oued Biraz-Atrous	95,13	23,79
Bassin versant Oued Dermoun	65,57	11,97
Bassin versant Oued El Arab	112,07	18,72
Bassin versant Oued Zeribet	96,08	14,90
Bassin versant du Zab Est	253,52	38,13

La mesure de la longueur des thalwegs contribue aux différents calculs des paramètres morphométriques tels que les rapports de longueur et de confluence, la densité de drainage et le temps de concentration, la détermination des rapports de confluence et de longueur nécessite une classification du chevelu hydrographique, d'après la méthode de STRAHER.

Les caractéristiques du chevelu hydrographique de sous bassin versant d'Oued Abiod calculés figurent dans le tableau ci-dessous.

Tab.7. Les caractéristiques du chevelu hydrographique du bassin versant d'Oued Abiod

Ordre	Nombre Nx	Lx (km)
1	6815	2116
2	1700	654
3	469	297.5
4	121	145.5
5	25	44.5
6	4	15.5
7	1	18

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

Les caractéristiques du chevelu hydrographique du bassin versant d'Oued Arab calculés figurent dans le tableau ci-dessous

Tab.8. Les caractéristiques du chevelu hydrographique du bassin versant d'Oued Arab

Ordre	Nombre Nx	Lx (km)
1	9725	3234
2	2145	820,3
3	573	324,3
4	98	132
5	16	38,2
6	5	22,3
7	1	10

Les caractéristiques du chevelu hydrographique du bassin versant d'Oued Djedi-Biskra calculés figurent dans le tableau ci-dessous

Tab.9. Les caractéristique du chevelu hydrographique du bassin versant d'Oued

Ordre	Nombre Nx	Lx (km)
1	890	680
2	420	240
3	26	70
4	6	34
5	1	23

Les caractéristiques du chevelu hydrographique du bassin versant d'Oued Dermoun calculés figurent dans le tableau ci-dessous

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

Tab.10. Les caractéristiques du chevelu hydrographique du bassin versant d'Oued Dermoun

Ordre	Nombre Nx	Lx (km)
1	1240	920
2	438	330
3	43	35
4	5	24
5	1	9

Les caractéristiques du chevelu hydrographique du bassin versant d'Oued Biraz-Atrous calculés figurent dans le tableau ci-dessous.

Tab.11. Les caractéristique du chevelu hydrographique du bassin versant d'Oued Biraz Atrous

Ordre	Nombre Nx	Lx (km)
1	1870	1040
2	650	310
3	143	79
4	78	39
5	17	28
6	3	23
7	1	17

Les caractéristiques du chevelu hydrographique du bassin versant d'Oued Zeribet calculés figurent dans le tableau ci-dessous.

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

Tab.12. Les caractéristique du chevelu hydrographique du bassin versant d'Oued Zeribet

Ordre	Nombre Nx	Lx (km)
1	1573	1245
2	420	227
3	170	95
4	34	29
5	6	21
6	1	12

La densité de drainage est le rapport entre la longueur totale du bassin versant et la superficie exprimé par la formule suivante :

$$D_d = \frac{\sum L_x}{A}$$

Tab.13. Densités de drainage calculé du bassin versant du Zab Est.

Les petits bassins versants	Dd (km/km ²)
Bassin versant d'Oued Djedi-Biskra	0,53
Bassin versant Oued El Abiod	2,50
Bassin versant Oued Biraz-Atrous	0,67
Bassin versant Oued Dermoun	1,67
Bassin versant Oued El Arab	2,18
Bassin versant Oued Zeribet	1,13
Bassin versant du Zab Est de Biskra	1,44

Lx : longueur de cour d'eau

A : superficie du bassin versant

Donc Dd = 1,44 Km/Km² la densité est faible à cause de la forme de B.V allongé.

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

- La densité de drainage dépend de la géologie (structure et lithologie) et les caractéristiques topographiques du bassin versant dans une certaine mesure des conditions climatologiques et anthropiques.

Les longueurs des talwegs principaux des petits bassins du Zab Est de Biskra curvimètres figurent dans le tableau ci- dessous.

Tab.14. Longueurs des talwegs principaux du bassin versant du Zab Est.

Les petits bassins versants	Longueur des Talwegs principaux (km)
Bassin versant d'Oued Djedi-Biskra	173
Bassin versant Oued El Abiod	85
Bassin versant Oued Biraz-Atrous	105
Bassin versant Oued Dermoun	81
Bassin versant Oued El Arab	112
Bassin versant Oued Zeribet	108
Bassin versant de Zab Est de Biskra	110,66

L'analyse hypsométrique est très utile pour l'étude du relief. Elle met en évidence le profil type du bassin et les pentes; facteur déterminant de l'écoulement. Il devient donc impératif d'étudier la répartition de la superficie du bassin par tranche d'altitude.

À partir de la carte topographique de Biskra, Chott Melrhir, Batna et Khenchela (1 / 200 000), on a pu réaliser le tableau n°.

La courbe hypsométrique fournit une vue synthétique de la pente du bassin, cette courbe repose sur la répartition de la surface du B.V en fonction de son altitude, dans notre cas nous avons choisie des tranches de 200m ou nous avons déduits les résultats dans le tableau n°15. Suivants :

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

Tab.15. Répartition des superficies en fonction des tranches d'altitude dans le bassin versant du Zab Est.

Tranche d'altitude/m	Hauteur Moyenne Hi (m)	Surface Partielle Si (km2)	Surface Si Cumulée (km2)	Surface Partielle Si (%)	Surface Si Cumulée (%)
> 200	100	2620,34	9668,69	27,11	100
200-400	300	1224,91	7048,35	12,67	72,89
400-600	500	980,46	5823,44	10,14	60,22
600-800	700	1090	4842,98	11,27	50,08
800-1000	900	1160,45	3752,98	12	38,81
1000-1200	1100	947,11	2592,53	9,8	26,81
1200-1400	1300	734,84	1645,42	7,60	17,01
1400-1600	1500	580,25	910,58	6	9,41
1600-1800	1700	130,34	330,3	1,34	3,41
1800-2000	1900	140,34	199,96	1,45	2,07
< 2000	2100	59,65	59,65	0,62	0,62
Total		9668,69	-	100	

La pente topographique exprime l'inclinaison des versants par rapport à l'horizontal. C'est un facteur essentiel de l'écoulement de surface, car en effet ce dernier a tendance à avoir plus d'énergie cinétique et vive en présence des fortes pentes et dénivelées. Et par conséquent, elle assure une réponse hydrologique rapide et une dynamique érosive agressive.

Dans le bassin du Zab Est on a pu faire ressortir quatre classes de pente.

Tab.16. Classification des pentes selon le F.A.O

Classe des pentes	Superficie Km2	Pourcentage %
0 – 3%	3425,40	35.43
3% - 12.5%	2348,24	24.28
12.5% - 25%	2576,56	26.65
>25%	1318,49	13,64
	9668,69	100

On remarque que la majeure partie des pentes du B.V selon le tableau est comprise entre deux classes, entre les pentes de 0% – 3% (des pentes faibles) et 3% - 12.5% + 12.5% - 25% (des pentes moyennes) en pourcentage de 35,43% et 50,93%.

Le temps de concentration est le temps mis par la première goutte de pluie tombée sur le point le plus éloigné du bassin pour atteindre l'exutoire. Ce paramètre; exprimé dans ce cas en heures; peut être estimé par la formule de Giandotti, applicable pour les bassins étendus à pentes plus ou moins uniformes:

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L_p}{0,8\sqrt{H_{moy} - H_{min}}}$$

Dans laquelle L_p est la longueur (en km) du thalweg principal et H_{moy} et H_{min} sont, respectivement, les altitudes moyenne et minimale du bassin (en m).

On remarque que le temps de concentration est d'autant plus élevé que l'allongement du bassin est marqué. La lithologie et le couvert végétal influent également sur le temps de concentration en jouant le rôle d'entrave réduisant le ruissellement.

T_c : temps de concentration.

L_p : longueur du talweg principal en (km).

A : surface du B.V (km^2).

H_{moy} : altitude moyenne du bassin versant en (m).

H_{min} : altitude minimale à l'exutoire en (m).

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

Tab.17. Temps de concentration du bassin versant du Zab Est.

Les petits bassins versants	H min	H max	H moy	A	Lp	TC
Bassin versant d'Oued Djedi-Biskra	40	1700	840	1776,68	173	18,91
Bassin versant Oued El Abiod	150	2328	1081	1313,12	85	11,16
Bassin versant Oued Biraz-Atrous	-30	1300	1210	2263,99	105	12,65
Bassin versant Oued Dermoun	140	1900	750	785,04	81	11,9
Bassin versant Oued El Arab	190	2236	1150	2098,06	112	14,4
Bassin versant Oued Zeribet	-40	1040	590	1431,71	108	15,82
Bassin versant de Zab Est de Biskra	-40	2236	936	9668,69		14,14

La vitesse d'écoulement de l'eau (VC) est donnée par l'expression suivante : $VC = L / TC$

Avec :

VC : Vitesse d'écoulement de l'eau en m/s

L : Longueur du talweg principal en m

TC : Temps de concentration en S

Les vitesses d'écoulement dans les petits bassins versants du Zab Est de Biskra calculés figurent dans le tableau ci-dessous.

Tab.18. Vitesses d'écoulement des sous bassins versant du Zab Est de Biskra

Les petits bassins versants	Vitesse d'écoulement de l'eau Vc (m/s)
Bassin versant d'Oued Djedi-Biskra	9,14
Bassin versant Oued El Abiod	7,61
Bassin versant Oued Biraz-Atrous	8,3
Bassin versant Oued Dermoun	6,8
Bassin versant Oued El Arab	7,77
Bassin versant Oued Zeribet	6,82
Bassin versant de Zab Est de Biskra	7,74

II. LES CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES

Du point de vue géologique, la région de Biskra ne représente qu'une zone de transition structurale et sédimentaire : Au Nord, c'est une région montagneuse tandis qu'au Sud, c'est un paysage effondré qui fait partie du Sahara Septentrional. Le passage entre ces deux domaines distincts se fait par l'intermédiaire d'un ensemble de flexure, de plis failles d'orientation Ouest Est appelé « Flexure Saharienne »

La Flexure saharienne s'est développée lors de la phase paroxysmale pliocène et post pliocène de la surrection des Aurès. Cette phase orogénique responsable de toutes déformations majeures de l'ensemble du continental néogène (Mio-Pliocène).

Au nord de l'accident sud atlasique, ces terrains constituent les monts du Zab et le massif des Aurès avec, dans certaines zones orthographiquement basses, les dépôts de recouvrement récents et discordants du Mio-Plio- Quaternaire

Au sud de cette flexure, les dépôts du Néogène et Quaternaire recouvrent en discordance et sous une épaisseur importante les formations sédimentaires plus anciennes.

Sur le plan géo-structural, La région de Biskra peut être divisée en deux zones essentielles qui se succèdent du Nord au Sud qui sont :

- La zone de la plaine saharienne :

La partie supérieure Nord est occupée par les montagnes représentant les derniers anticlinaux de l'Atlas saharien.

Une description détaillée de ces formations est donnée dans la notice explicative de la carte géologique de la région de Biskra à l'échelle 1/200.000e.

Dans cette zone montagneuse, on peut distinguer d'ouest en Est quelques régions naturelles :

Le Djebel Kahila, dont le sommet atteint 796 m d'altitude, formé en partie par les calcaires compacts dolomitiques et récifaux du sénonien supérieur ;

La trouée de Chaiba empruntée par la route de Boussaâda-Biskra et constituant l'une des grandes failles séparant l'Atlas saharien et le Sahara, passe au Nord du Bordj-Chaiba. A trois kilomètres vers l'Est, elle met en contact les couches du sénonien supérieur avec les grès rouges du barrémien.

- Le massif du Djebel-ksoum, point culminant à 1 087 m, est un anticlinal dont le noyau est constitué par les calcaires turoniens, est mis à jour par la grande faille de Chaiba. Vers l'Est, le massif se termine par le col Teniet-Ennaam, mettant en communication la partie occidentale de la plaine d'El Outaya avec la plaine saharienne. Au-delà de Teniet-Ennaam, le massif de

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

Djebel-Gouara, assez surbaissé, puisque son sommet ne dépasse pas 755 m, est entièrement constitué par les calcaires et marno-calcaires du sénonien supérieur.

- La dépression de la plaine Selga sépare le Djebel-Gouara de l'anticlinal du Djebel Bou-Rhezal éventré par le col de l'Oued khremissen.

A l'Est, l'anticlinal du Djebel Bou Rhezal domine la ville de Biskra. Il a subi une érosion intense aboutissant à une inversion totale du relief. Les parois rocheuses sont constituées par les calcaires massifs turoniens surmontant les calcaires et marno-calcaires cénomaniens plus tendres. Le noyau de cet anticlinal est érodé jusqu'aux grés rouges.

La plaine saharienne peut être divisée en deux parties principales séparées par la vallée de l'Oued Djedi.

Dans la première partie, au Nord de l'Oued Djedi, on distingue les zones suivantes :

- A l'Ouest, la terminaison orientale du Djebel Hamara dont le sommet se trouve sur la feuille Ain-Rich, bordant à l'Ouest la feuille de Biskra.

C'est une terminaison périclinale dirigée vers le Nord-est qui se relie avec le Kef-Seba, prolongement oriental du massif du Djebel-ksoum.

Au Nord-Ouest de cet axe, se trouve une plaine surélevée dont le sol est, en majeure partie, constitué par des calcaires blancs de l'éocène inférieur.

Au Sud-est et à l'Est, s'étend la plaine de Doucen dans laquelle l'alluvionnement joue un rôle assez subordonné ; le substratum formé par l'éocène moyen et par le pliocène y affleure en de multiples endroits.

- Au centre, une plaine alluviale où sont situées les principales plantations de palmier dattiers des Ziban et les plus importantes Oasis de la région : Tolga, Bou-Chagroun, Lichana.

- A l'Est, enfin, le cône de déjection alluvionnaire sablo-limoneux de l'Oued Biskra, qui s'étend jusqu'à la grande dépression du Chott Melrhir et du Chott Merouane.

Dans la seconde partie au Sud de l'Oued Djedi, sur la rive droite, existent deux régions naturelles.

- Vers l'Ouest, au Sud des Ouled-Djellal, la terminaison occidentale faiblement découpée du grand plateau pliocène, montrant vers l'Oued Djedi le substratum argileux et gypseux de l'éocène moyen.

- Au centre et à l'Est, couvrant le quart Sud-Est de la feuille, une plaine uniforme et monotone formée par une carapace calcaro-gypseuse d'âge pliocène, faiblement recouverte par les sables et les regs caillouteux

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

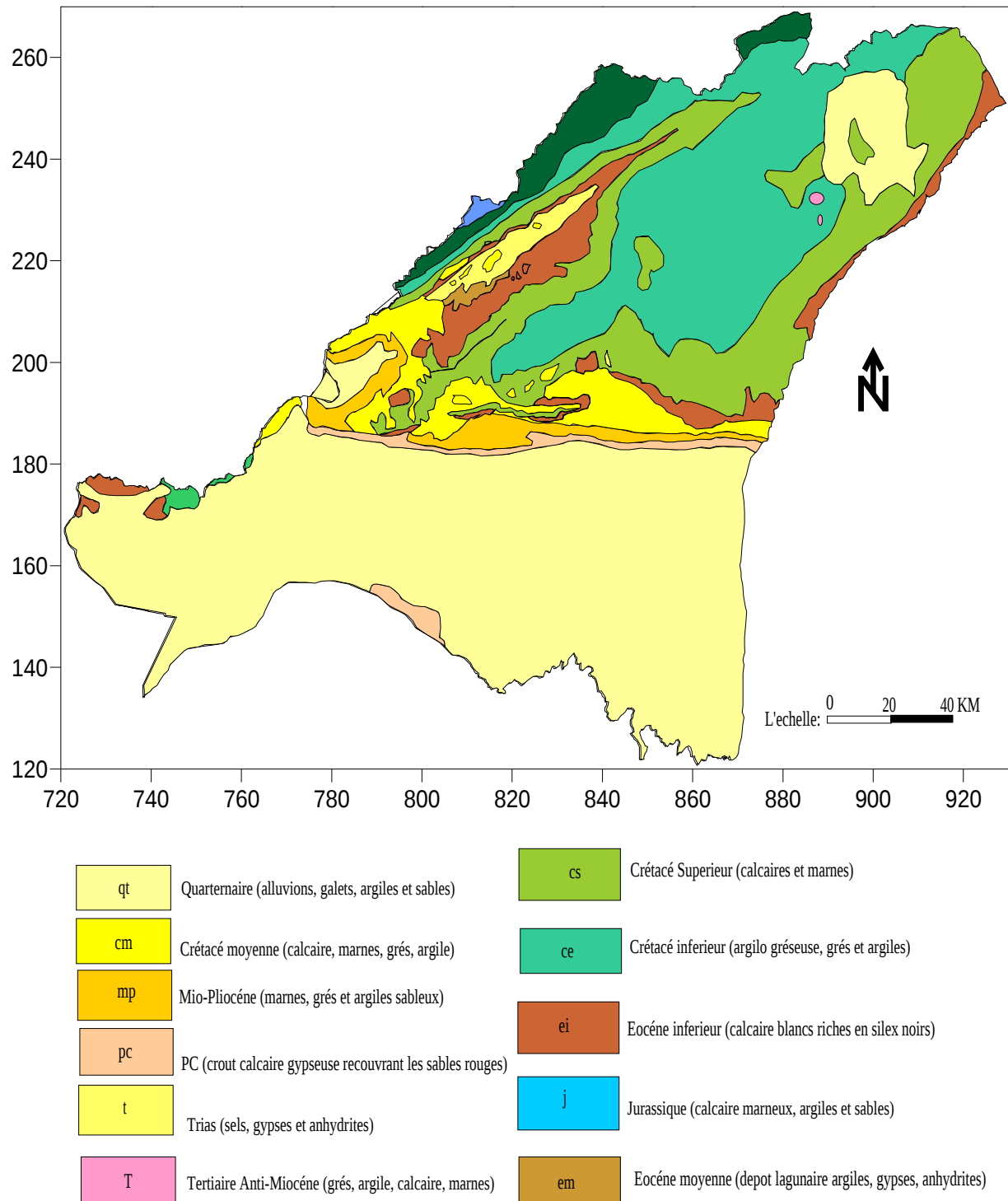


Fig.5. Extrait de la carte géologique de la région d'étude ((ANRH d'après R.GUIRAUD, 1973))

1. Stratigraphie régionale :

Les sédiments accumulés durant le Mésozoïque et le Cénozoïque ont formé de puissantes séries néritiques et continentales.

Le secondaire

Trias

Le trias constitue les plus anciennes formations reconnues dans la région de Biskra. Il se rencontre en position stratigraphique anormale ou éjecté au sein des séries encaissantes à la faveur des cassures. Il est formé d'argile (bariolées ou violettes) gypsifères et salifère à cristaux d'aragonite, d'anhydrite, de quartz bipyramide ou encore d'hématite dus à des transformations secondaire et englobant des amas de roches diverses de l'ensemble de la couverture post-triasique.

Le Trias est souvent remarquable sur le terrain par son faciès évaporitiques : argiles versicolores, sels, gypses et anhydrites accompagnés de blocs de roches remaniées.

Sur la marge septentrionale de la plate-forme saharienne, il est formé à la base d'une série grés-argileuse de plus de 400 mètres d'épaisseur, surmonté d'une formation essentiellement, composée d'évaporation, argiles de carbonates appelée « le salifère principal »

Le Jurassique

Il n'affleure pas dans les limites de la région de Biskra. Il n'est visible qu'entre Biskra et Batna, au niveau du Djebel Azreg où il constitue le cœur de celui-ci. Il est à dominance carbonatée, marne, calcaire marneux et calcaire.

Le Crétacé

Les dépôts du Crétacé sont les plus répandus et forment la majeure partie des chaînes de la région, ils sont représentés par différentes roches sédimentaires : calcaires, marnes, grés, argiles et leurs variétés intermédiaires qui constituent les assises d'une grande épaisseur.

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

Crétacé inférieur

Il constitue l'essentiel des affleurements des Djebel Chélia, Djebel Ichemoul et le flanc Sud du Djebel Azreg.

Le Néocomien

Il est à tendance générale argilo-gréseuse, néanmoins, il admet des intercalations de formations carbonatées (calcaires et dolomies).

Le Barrémien

Il est composé de matériel détritique, représenté essentiellement par des bancs de grés massifs et des niveaux d'argiles. Ils sont d'aspect rougeâtre, teinte liée à une oxydation importante, typique d'un milieu continental et les grés sont à grains fins. Ils sont disloqués (failles et diaclases) et les stratifications entrecroisées fréquentes.

La base de l'étage est invisible, le barrémien termine la série sédimentaire crétacée affleurant dans la région de Biskra.

L'Aptien

Il débute par des bancs de carbonates massifs en alternance avec des marnes grises. Vers la fin de la séquence, les grés similaires à ceux du Barrémien réapparaissent.

L'Albien

La série stratigraphique se continue par une alternance de bancs de grés métriques de couleur gris blanche à grains fins et d'argiles gris vert, friables parfois indurées.

Vers la partie supérieure apparaissent les dépôts marins, calcaires massifs et marnes qui annoncent la transgression cénomaniennne à l'échelle régionale et même au delà.

Crétacé supérieur

Les dépôts du Crétacé supérieur sont représentés par des assises épaisses composées de marnes et calcaires avec des restes abondants de fossiles. Tous les étages y sont développés ici sans discordance apparente.

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

Cénomarien

Dans la partie inférieure de l'étage, les dépôts sont constitués par les marnes gris verdâtre et gris foncé et par les intercalations de calcaires pélitomorphes, alors que dans sa partie supérieure ils sont formés par des marnes feuilletées avec de nombreuses couches de calcaires à huîtres et calcaires pélitomorphes à grains fins.

Turonien

Les dépôts turoniens sont constitués par une inter stratification de calcaires pélitomorphes et marnes argileuses gris bleuâtre. Dans la partie inférieure prédominent des marnes avec de minces couches de calcaires compacts et de calcaires bioclastiques. Plus haut reposent des calcaires massifs avec des faisceaux de marnes argileuses feuilletées et des intercalations isolées de calcaires marneux et calcaires à coquilles.

Sénonien inférieur :

Coniacien :

Les dépôts coniaciens sont représentés par une alternance de marnes argileuses gris verdâtre et de couches de calcaires organogénèses à grains fins massifs gris clair et gris verdâtre.

Santonien :

Les dépôts sont représentés par des marnes feuilletées, gris verdâtre, gris foncé avec des bancs épais isolés de calcaires à grains fins gris clair. La coupe commence par un faisceau de calcaires massifs gris clair à grains fins avec de nombreuses empreintes de gros Incérons vers le sommet, le nombre de couches de calcaires ainsi que leur épaisseur diminuent.

Sénonien supérieur :

Campanien :

Le Campanien est constitué par des marnes argileuses gris verdâtre et gris foncé avec des couches isolées de calcaires marneux pélitomorphes gris clair. A la base repose un faisceau de calcaires massifs gris clair à grain fin avec des restes abondants, l'Ino cérames et de Aorminifères. Ces dépôts affleurent dans la partie Nord- Est de la région d'El Outaya et constituent le flanc Nord de l'anticlinal de Setha.

Maestrichtien :

Ces dépôts sont représentés par les marnes feuilletées gris verdâtre et gris foncé, avec des couches et intercalations isolées de calcaires microcristallins et à grains fins et de calcaires coquilles.

Dans la partie inférieure de l'étage, on observe des couches épaisses de calcaires massifs gris clair, avec des barres puissantes de marnes argileuses et dans la partie supérieure, des lentilles de grés calcaireux gris jaunâtre à petit grain.

Le tertiaire :

Paléogène

Le paléocène

Le passage du Maestrichtien au Paléocène se fait progressivement. Il est composé essentiellement de marnes à fines passées de calcaires.

L'Eocène :

L'Eocène est très développé. Le faciès change d'une région à une autre. On reconnaît des calcaires massifs bioclastiques fortement fracturés et karstifiés avec des intercalations de marnes grises. Vers le sommet de la série, la série évolue progressivement vers des dépôts à tendance continentale de grés à grains fins, d'argiles rouges à fines passées de gypse (Lutétien supérieur)

L'éocène inférieur

Il est représenté par des calcaires blancs riches en silex noirs très caractéristiques, d'une épaisseur variant entre 150 et 200 m. Les calcaires blancs de l'éocène inférieur sont généralement pourvus en fossiles. Néanmoins, sur les collines au Nord de Tolga, ont été recueillis quelques nummulites globulosus, nummulites subirrégularis et operculina amonéa caractéristiques de cet étage.

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

L'Eocène moyen

Dépôts exclusivement lagunaires : argiles, gypse en couches épaisses, anhydrites, calcaires dolomitiques. Au Sud du Djebel Kahila et au Sud du Djebel Ksoum, la série lagunaire de l'éocène moyen se termine par un banc de poudingues.

Les couches gypseuses et calcaires sont très développées dans la région d'Ouled-Djellal où elles forment des niveaux consistant d'une extension considérable.

Sur la rive droite de l'Oued Djedi, en face de l'Oasis de Ouled-Djellal, les calcaires de l'éocène moyen ont fourni quelques moules internes de gastéropodes et de lamellibranches.

Le Pontien supérieur (m3) : Affleure seulement dans la dépression de l'anticlinal du Djebel Bou-Rhezal. Il est représenté par des argiles et marnes multicolores souvent sableuses. Quelques niveaux de poudingues s'intercalent dans cette série au pied des montagnes. Le pliocène repose sur les formations miocènes avec une légère discordance.

Au Sud de la zone montagneuse, dans la plaine de l'Oued Djedi, le Pontien supérieur n'affleure pas mais partout où il est reconnu par sondage il se présente sous forme d'un dépôt continental détritique : argiles, sable, gravier et marnes.

L'Oligocène

On attribue à l'Oligocène une alternance de grès brun jaunâtre et grès rouge, hétérogènes affleurant au Nord de la région d'étude.

Le Néogène

Les dépôts du Néogène sont représentés par des formations marines, lagunaires et partiellement continentales du Miocène et par des assises continentales lacustres du Pliocène. Ils reposent en pente douce et avec une forte discordance angulaire sur les roches disloquées du Crétacé et du Paléogène. La surface est érodée irrégulièrement.

Miocène inférieur et moyen

La miocène inférieure repose directement sur le maestrichtien juste au nord de M'Chouneche, il est simplement constitué par des alternances de poudingues à ciment calcaire et de lentilles de marnes. Il est constitué par des conglomérats jaune grisâtre à gris,

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

des grés, des marnes, des argiles et rarement des calcaires et des gypses. dans les dépôts s'observent des restes des Gastéropodes d'eau douce.

Miocène supérieur

Les dépôts du Miocène supérieur sont partout constitués par des marnes grises- verdâtre et dans la partie inférieure des marnes gris bleuâtre, avec des intercalations de gypses, d'argiles, d'argilites, de grés et de rares-inter lits de calcaires et conglomérats. La faune est représentée par des huîtres et rarement des Gastéropodes.

Pliocène

Les dépôts du Pliocène sont représentés par des marnes gris clair et jaunâtre, avec des sables, des conglomérats non compacts, des grés et de faibles épaisseurs de calcaires lacustres.

Il forme de vastes affleurements dans la partie Sud-Est de la région de Biskra, il comprend différents dépôts.

Le pliocène

Au Sud de l'Oued Djedi, tout le quart Sud-Est de la feuille de Biskra est couvert par la croute saharienne, attribuée généralement au pliocène.

Cette croute est une pate calcaro-gypseuse englobant souvent dans la masse des poudingues. Des sables et des graviers. Aux environs des Ouled-Djellal, on peut observer le passage latéral des poudingues pliocène de la croute.

La majeure partie de la croute saharienne est donc d'âge pliocène. Au Sud de l'Oued Djedi, la croute atteignant 1 à 2 mètres d'épaisseur repose sur les sables rouges classés généralement dans le miocène, mais il est fort possible qu'une partie de ces sables appartienne au pliocène.

Le p2 : Au Nord de l'Oasis de Mekradma, sous la couverture quaternaire apparaissent des couches rouges sableuses et gypses lagunaires ; passage latéral probable des poudingues qu'on trouve partout au pied des montagnes.

Le p1 : Prés de la zone montagneuse, le pliocène se présente sous forme d'une alternance de poudingues, de bancs de grés et d'argiles sableuses.

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

Les principaux affleurements sont : la ride de Biskra-Chetma à l'Est, la lentille de Bir Sadouri au Nord de Chaiba et les collines de Berrtiem et Ras Hariga au Nord d'Ouled Djellal vers le Sud ; tous ces affleurements de poudingues passent insensiblement à d'autres faciès.

Le Quaternaire :

Les dépôts quaternaires remplissent une grande partie de notre région d'étude. Ils sont représentés par des formations essentiellement lacustres. Des dépôts alluviaux et des éboulis de pente.

Le Quaternaire inférieur

Il est constitué par des galets, des grés, des limons sableux, des terres argileuses et des conglomérats faiblement consolidés. La surface est souvent recouverte par une croûte carbonatée épaisse de 1 à 3 m. Les dépôts du Quaternaire inférieur sont répandus sous forme de lambeaux sur les formations du Néogène.

Le Quaternaire supérieur et moyen

Les dépôts sont représentés par des sables hétéro grenus, graviers, cailloux roulés. Ils sont répandus sous forme des cônes de déjection (alluvions torrentielles anciennes) et des hautes terrasses dans les dépressions. Les dépôts du Quaternaire supérieur et moyen couvrent aussi de vastes surfaces de dépressions inter montagneuses entaillées de 2 à 3 m. Cette terrasse est bien développée dans la partie Est de la région, vers l'Oued Biskra. Aux environs des régions montagneuses elle est formée exclusivement par des poudingues. Dans la plaine saharienne, au Sud de la ville Biskra, les poudingues sont remplacés progressivement par un dépôt sableux et argileux se confondant avec les dépôts pliocènes sous-jacents.

Q2 : Quaternaire moyen proprement dit :

Il est formé par les alluvions sablonneuses et argileuses dans toutes les grandes plaines sur la rive gauches de l'Oued Djedi.

QT : Travertins des sources : ces travertins sont assez anciens. Ils datent au moins du quaternaire moyen, aux environs des sources Oumache, M'lili et Megloub. Les sources actuelles sourdent 4 à 5 m au-dessus des dépôts anciens travertineux.

Dans la dépression de l'anticlinal du Djebel Bou-Rhezal, au Nord de la ville de Biskra, les appareils travertineux sont en altitude, plus hauts que la terrasse du quaternaire ancien.

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

QC : Formation dite (Deb-Deb) : Formation qu'on peut rapporter au quaternaire moyen mais dont le dépôt se poursuit sans doute encore de nos jours. Le (Deb-Deb) représente une formation calcaro-gypseuse atteignant jusqu'à deux mètres d'épaisseur.

Il est localisé tout autour de l'Oasis de Tolga et des Oasis limitrophes, au-dessus des affleurements calcaires blancs de l'éocène inférieur.

Il est vraisemblable, qu'étant donné cette coïncidence de localisation, le (Deb-Deb) se forme par un processus physico-chimique aux dépens des calcaires éocène sous-jacents.

Au Nord de Tolga, Bouchegroune, Lichana et jusqu'à la ferme de Ain Bennoui le Deb-Deb repose sur un dépôt sable-argileux atteignant parfois 50 m d'épaisseur.

Ce dépôt doit son origine en grande partie à la fixation des sables éoliens et dunaires par les eaux exsudant des fissures dans le substratum éocène et crétacé.

Le processus d'une telle fixation a duré certainement très longtemps, probablement pendant toute la période du quaternaire. Au Sud du Lichana, un dépôt, qui doit être classé avec plus de raison dans le quaternaire moyen (q.2) parce qu'il est superposé à la terrasse du quaternaire ancien, s'est formé par destruction du (Deb-Deb) et des formations sableuses de Tolga.

Q.3 : Alluvions sableuses et caillouteuses des lits actuels des oueds.

Q.D : Dunes de sable constamment en mouvement.

Q.E : Dépôt actuels de cailloutis : au pied des montagnes, d'éboulis sur les pentes. Les éléments brechiformes se trouvent plus près des montagnes ; les éléments roulés forment des plages souvent très loin vers la plaine.

Dépôts actuels :

Ils sont représentés par des alluvions, qui remplissent les lits des cours d'eau principaux et les dépressions inter montagneuses.

Les terres argileuses avec des inclusions de graviers et galets prédominent sur les sables et les galets. Dans les oueds la puissance des dépôts ne dépasse pas quelques mètres, tandis qu'elle est beaucoup plus importante dans les parties centrales des dépressions.

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

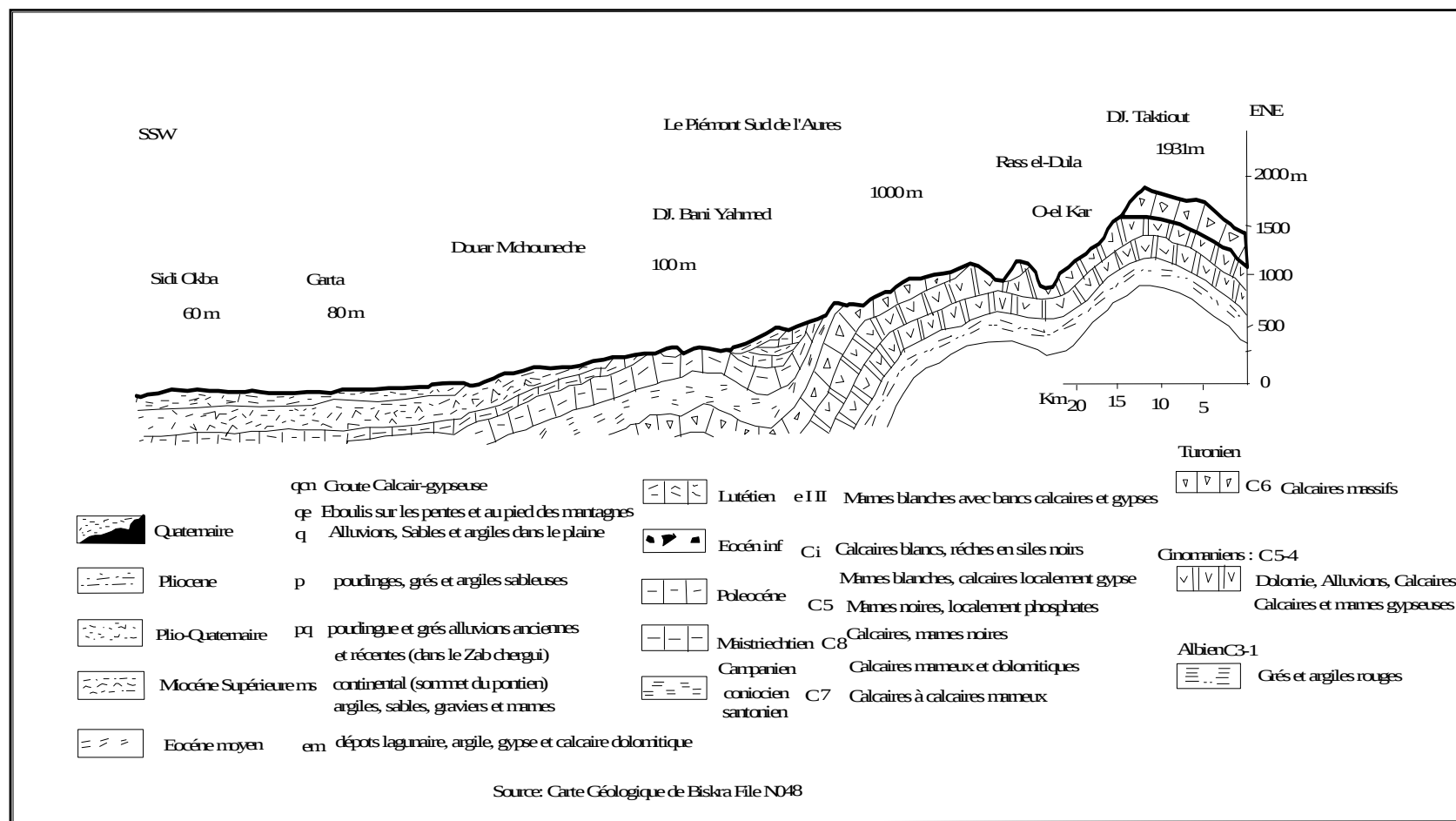


Fig.6. coupe géologique de la région Sud de l'Aurès (ANRH d'après R.GUIRAUD, 1973)

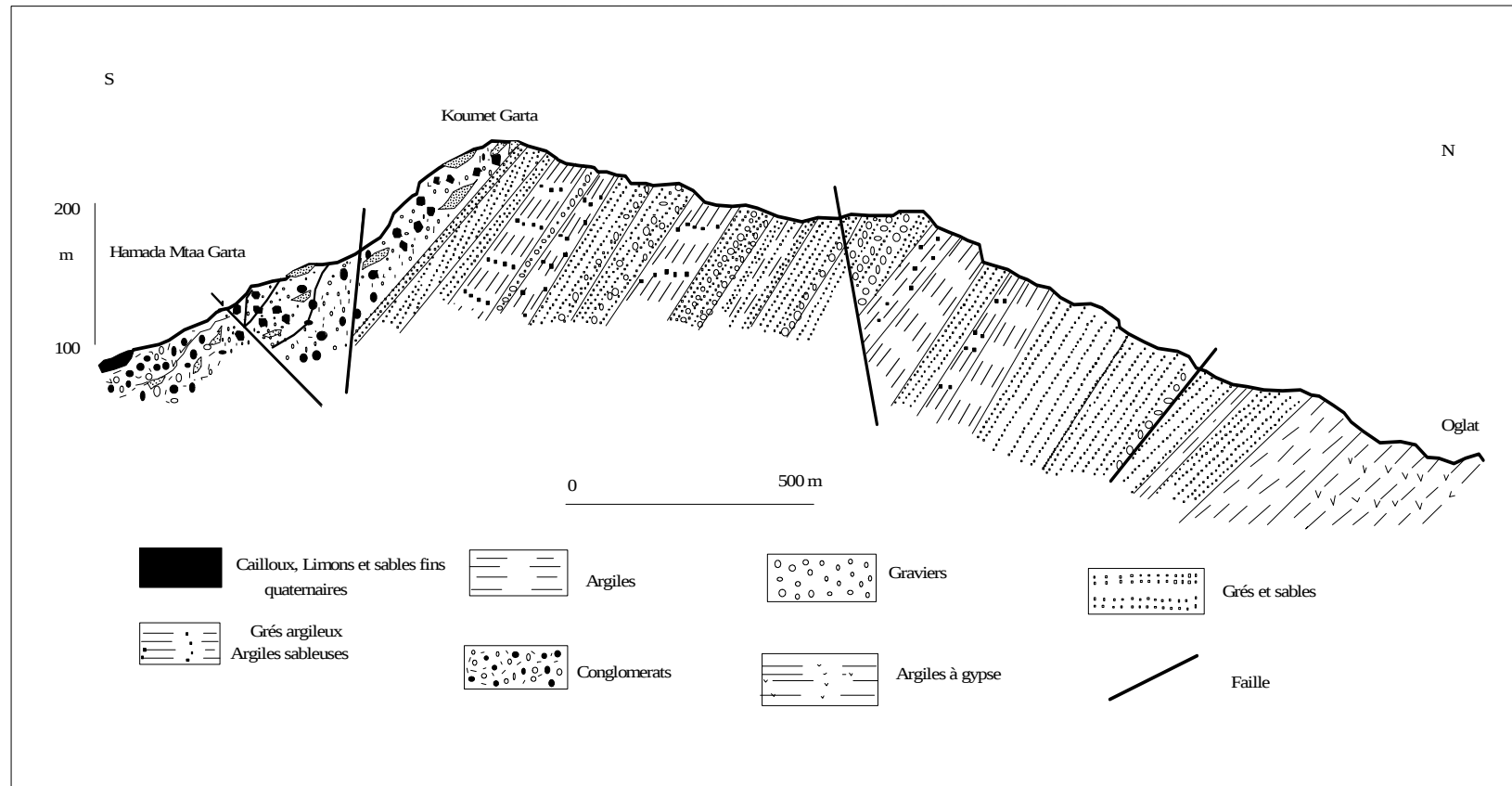


Fig.7. coupe géologique de la région de Garta (ANRH d'après R.GUIRAUD, 1973)

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

La tectonique :

L'importance de la tectonique qui a affecté le domaine saharien résulte de deux étapes orogéniques principales :

La limite méridionale de l'Atlas saharien est constituée par la flexure saharienne ou accident sud-atlasique formé de failles et de flexures en relais dont le rejet peut être supérieur à 2000 mètres et dont la résultante est un abaissement général du Sahara par rapport à l'Atlas saharien.

Les différentes failles composant la flexion saharienne longent toujours le flanc Sud des anticlinaux.

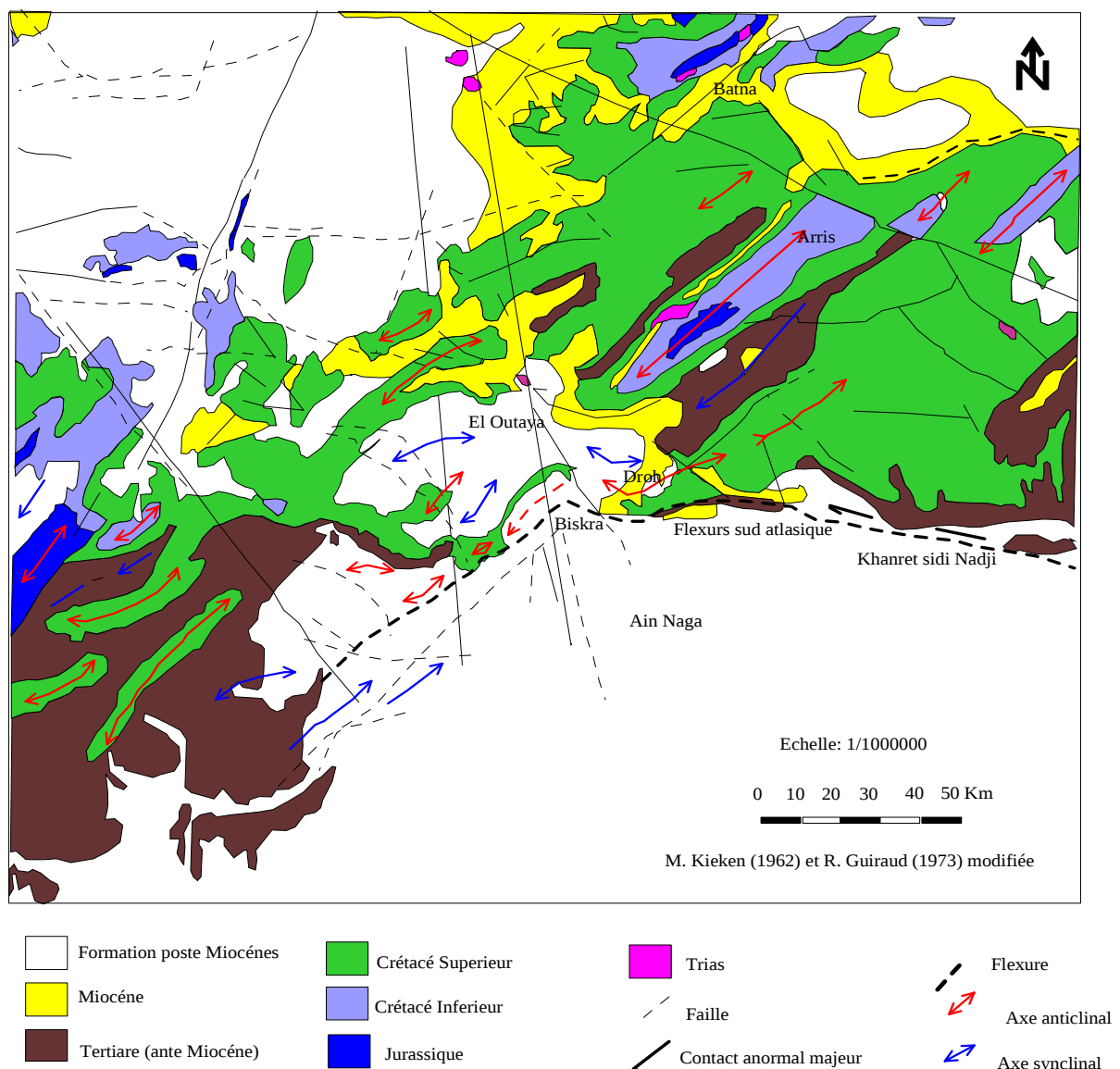


Fig.8. Extrait de la carte Structurale (ANRH d'après R.GUIRAUD, 1973)

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

A l'Est de Biskra, la flexure saharienne s'infléchit légèrement passant au Sud de l'Aurès.

Pendant la période secondaire, les mouvements lents ont causé des alternances de transgression et régression. La phase majeure de plissement, probablement d'âge éocène, a entraîné l'émersion définitive de tout l'Atlas saharien et dessiné l'orientation et les caractères essentiels de la tectonique. La flexure saharienne s'est probablement dessinée au cours du mésozoïque, accusée aux coudes du plissement éocène et a encore joué au cours d'une importante phase post-miocène.

A la fin de l'Eocène moyen toute la région a subi une surélévation due à des mouvements orogéniques, ayant agi en deux phases principales très rapprochées dans le temps et dans l'espace, mais de directions différentes :

La première est responsable de faibles ondulations de direction NE-SW sur toute l'étendue de la plate-forme saharienne.

La deuxième a donné naissance à des plissements de direction ENE-WSW. Certaines poussées tectoniques ont été très violentes, provoquant même le renversement des plis, comme le cas du Djebel Bour-Rhezel, dont le flanc méridional est complètement déversé vers le Sud.

A la fin du Pliocène une nouvelle phase orogénique a bouleversé la région. Cette phase, de direction Est - Ouest, a formé sur notre région d'étude un pli très long, surélevant les anticlinaux préexistants. Ce pli est caractérisé par le redressement sub-vertical des dépôts pliocènes entre Biskra et Chetma, ainsi que le redressement des couches crétacées sur le versant sud du Dj. Gouara (nord de Tolga), figurer. 10 : Coupes géologiques au niveau du massif de Chelia.

La région est caractérisée par les pointements triasiques qui accompagnent souvent les points de convergence des accidents tectoniques majeurs. Le premier se situe tout au nord du synclinal à Ichemoul ; le deuxième au nord sur le synclinal de Bouzina et le troisième qui est le plus important se situe au niveau de la dépression d'el-Outaya.

Le centre du synclinal est occupé par les formations nummulitiques : marnes et calcaires marins à la base et les couches rouges du Lutétien et post-Lutétien au sommet. L'ensemble est recouvert par le Miocène marin.

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

La partie sud-ouest du synclinal est recouverte par les formations plio-quaternaires.

L'érosion quaternaire a mis en relief des poudingues et des sables qu'on trouve à Ras Chicha (fig. 9). Ces formations sont affectées par les plissements post-pliocènes. Puis vient en périphérie de ces formations, les sables et argiles du Pontien, qui parfois reposent directement sur les calcaires maastrichtiens.

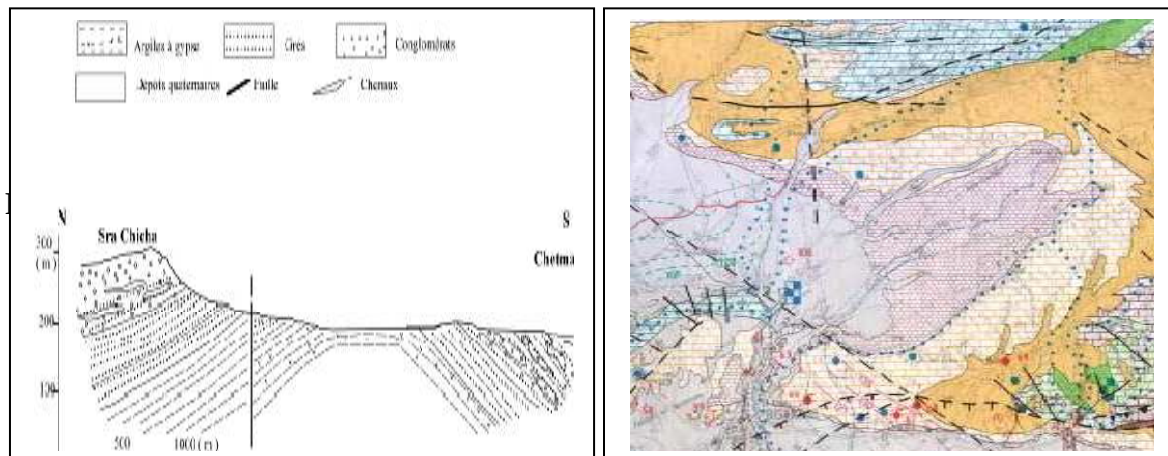


Fig.9. Coupe géologique AB à Ras Chicha aux environs de Chetma (in.M. Chebbah, 2007)

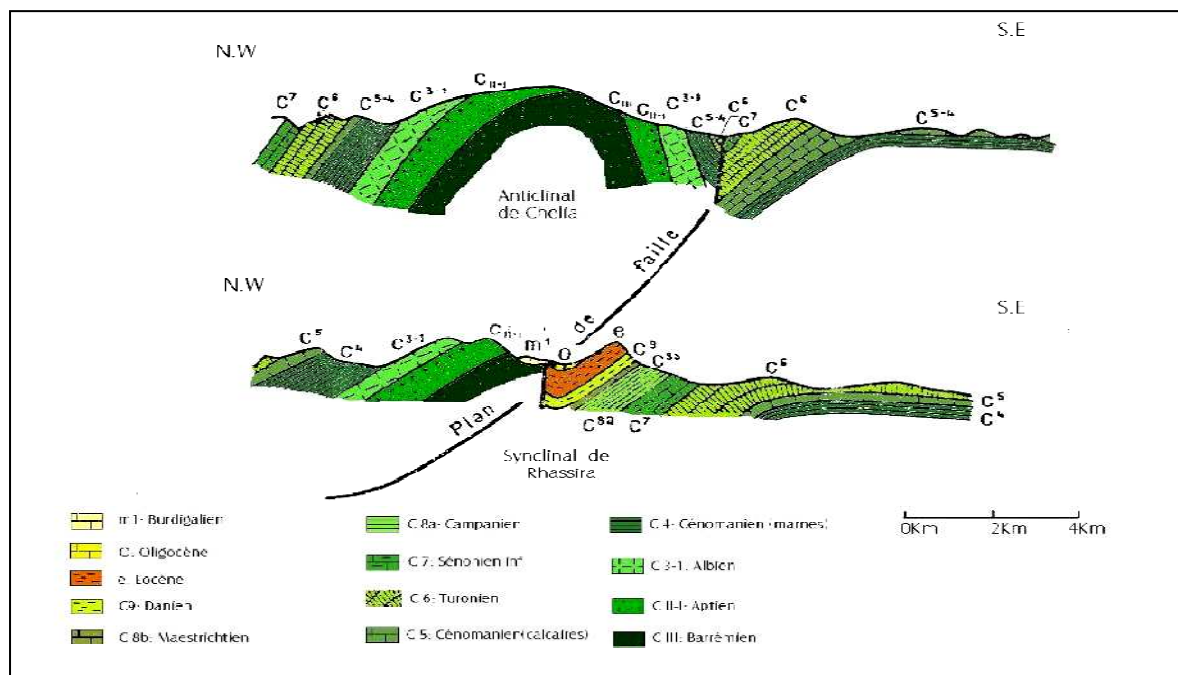


Fig.10. Profil Passant par le synclinal de Rhassira (d'après R.LAFFITTE, 1939)

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

Le rétrécissement du synclinal de Rhassira au nord, n'est qu'apparent, car en réalité le synclinal avait subi un soulèvement de son axe de la partie nord et l'érosion a fait le reste, pour donner cette forme. Puis il subit un abaissement dans son extrémité nord, pour buter contre les formations anciennes (Crétacé inférieur) de l'anticlinal de Chélia.

Paléogéographie

L'atlas saharien a connu aussi, au cours de son histoire géologique, de longues phases de sédimentation secondaire alternativement marines et continentales ; le Crétacé inférieur est le plus ancien terrain tertiaire, qui affleure dans la région de Biskra

Au crétacé inférieur (au Barrémien), le régime continental règne sur toute la région. En revanche, l'Albien est marqué par l'établissement d'un régime lagunaire avec quelques incursions marines. Ensuite, le régime de sédimentation continental s'établit de nouveau ; il n'a cessé qu'avec la grande transgression cénomaniennne, qui s'étend très loin vers le sud de l'ensemble de ces oscillations marines, il en résulte un dépôt essentiellement gréseux avec des intercalations d'argiles et de marnes.

Au court du crétacé supérieur :

Au Céomanien la mer a été peu profonde car elle a reculé vers le sud, tandis que quelques mouvements locaux du sol ont amené sur place une sédimentation lagunaire, se composant ainsi de gypse et d'anhydrite. Le Céomanien est marneux à la base, dolomitique ou calcaire au sommet.

Au Turonien le régime marin s'est rétabli partout uniformément. Cette période est représentée dans toute la zone montagneuse par un niveau de calcaire cristallin massif de 200 à 300 mètres d'épaisseur. Dès la fin du Turonien, on assiste à un niveau lagunaire, les eaux sont moins profondes et elles disparaissent parfois entièrement provoquant des émergences momentanées. En conséquence, les dépôts présentent une alternance de bancs d'anhydrites, de dolomie et d'argiles.

Au sénonien une nouvelle transgression marine s'est manifestée ; elle est responsable de dépôts de calcaires dolomitiques et d'intercalations lagunaires marno- gypseuses.

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

Au court de l'Eocène inférieur le régime marin persiste, donnant des calcaires à silex noir que l'on trouve en concordance au sommet du Sénonien. La mer a quitté ensuite la région et le régime lagunaire de l'Eocène moyen a amené le dépôt d'une épaisse série de couches calcaires, argileuses, marneuses et d'anhydrite. Ainsi, s'est achevée la formation de l'Eocène moyen, quand la mer s'est retirée définitivement de la plate-forme saharienne.

En conclusion après le régime continental barrémien et albien, l'histoire des terrains qui constituent le domaine saharien est commandé essentiellement par une sédimentation marine et lacunaire, depuis le Cénomanien jusqu'à l'Eocène moyen. Il en résulte une grande variété de terrains calcaires, dolomitiques et marneux.

Les formations géologiques qui composent les sols de la région d'étude sont des formations d'origine sédimentaire à prédominance de sédiments carbonatés. Les affleurements rocheux qui constituent les principaux reliefs de la wilaya en l'occurrence les montagnes situées à la limite Nord sont des sédiments en grande majorité datant du secondaire, les grandes plaines du centre sont des sédiments du quaternaire ; alors que les plateaux sont en grande partie composé de formations datant du tertiaire.

Du point de vue lithologique, les principales roches et sédiments qui composent le sol de la zone d'étude sont des alluvions argilo-sableuses, des calcaires, des dolomies, des marnes, des argiles, des sables, des grés et des sels sédimentaires de chott ou de sel de diapir.

Les formations de la région ont subi des mouvements tectoniques suivis d'une érosion suffisamment active pour engendrer des lacunes locales.

La quasi-totalité des roches est carbonatée. Cependant, on note la présence de quelques couches de roches évaporites.

Les sulfates (gypse) et sels solubles ont un impact sur la composition chimique des eaux des nappes.

Il existe systèmes de failles de direction différente : Nord-Ouest Sud-est et Sud-ouest Nord-est. Les failles Nord-Ouest Sud-est sont connues sur l'ensemble de l'Atlas Saharien.

A mesure que se produisait l'exhaussement des zones atlasiques et auresiennes, il s'est créé un affaissement méridional le Sillon Sud Aurésien réceptacle des produits de démantèlement des reliefs naissants. C'est ainsi que nous trouvons au Nord de la flexure le point culminant de l'Atlas (Djebel Chelia 2328 m) et au sud la dépression la plus profonde de l'Algérie des Chott Melrhir.

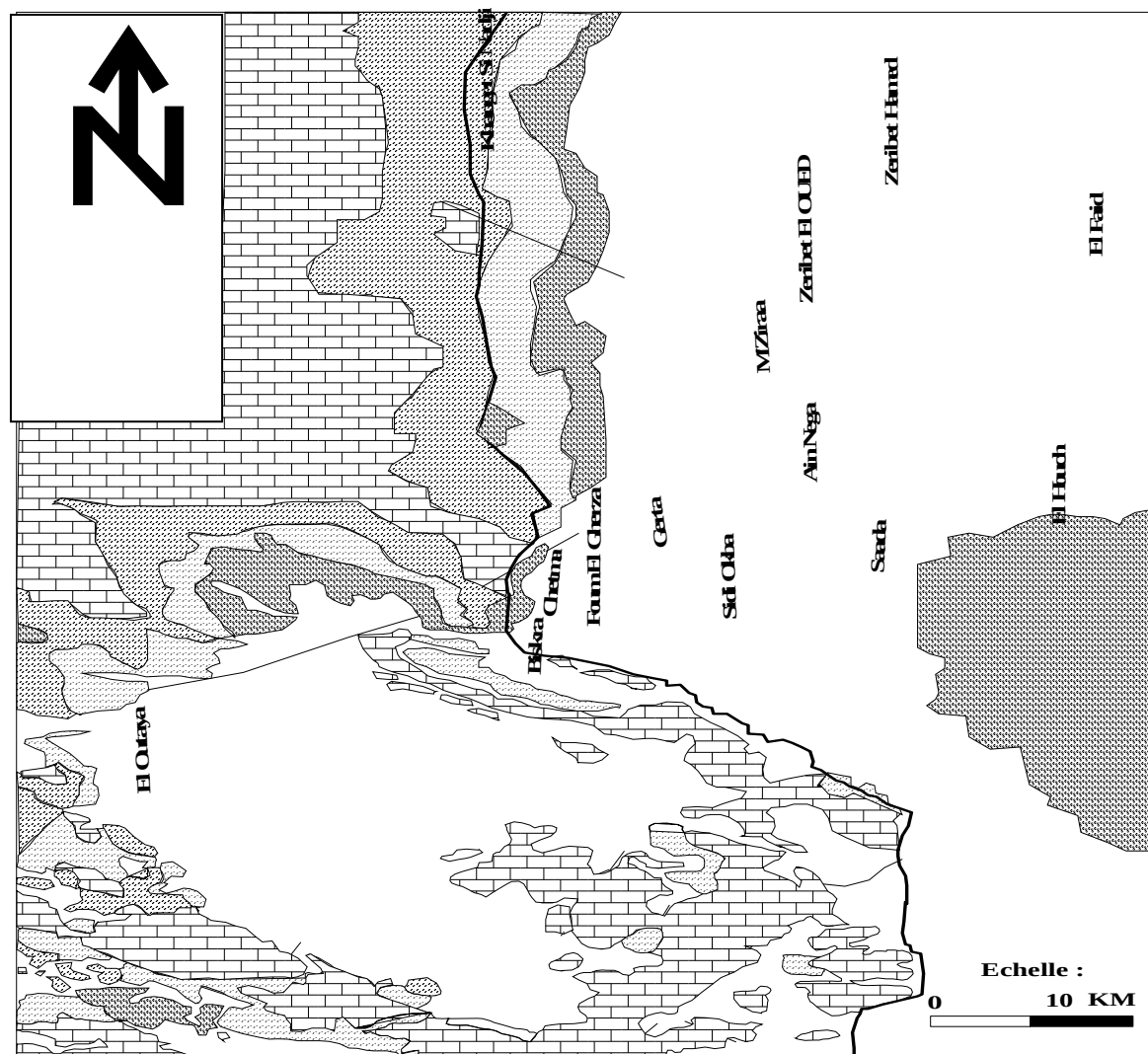


Fig.11. Extrait de la carte géologique simplifiée la région de Biskra (ANRH d'après R.GUIRAUD, 1973)

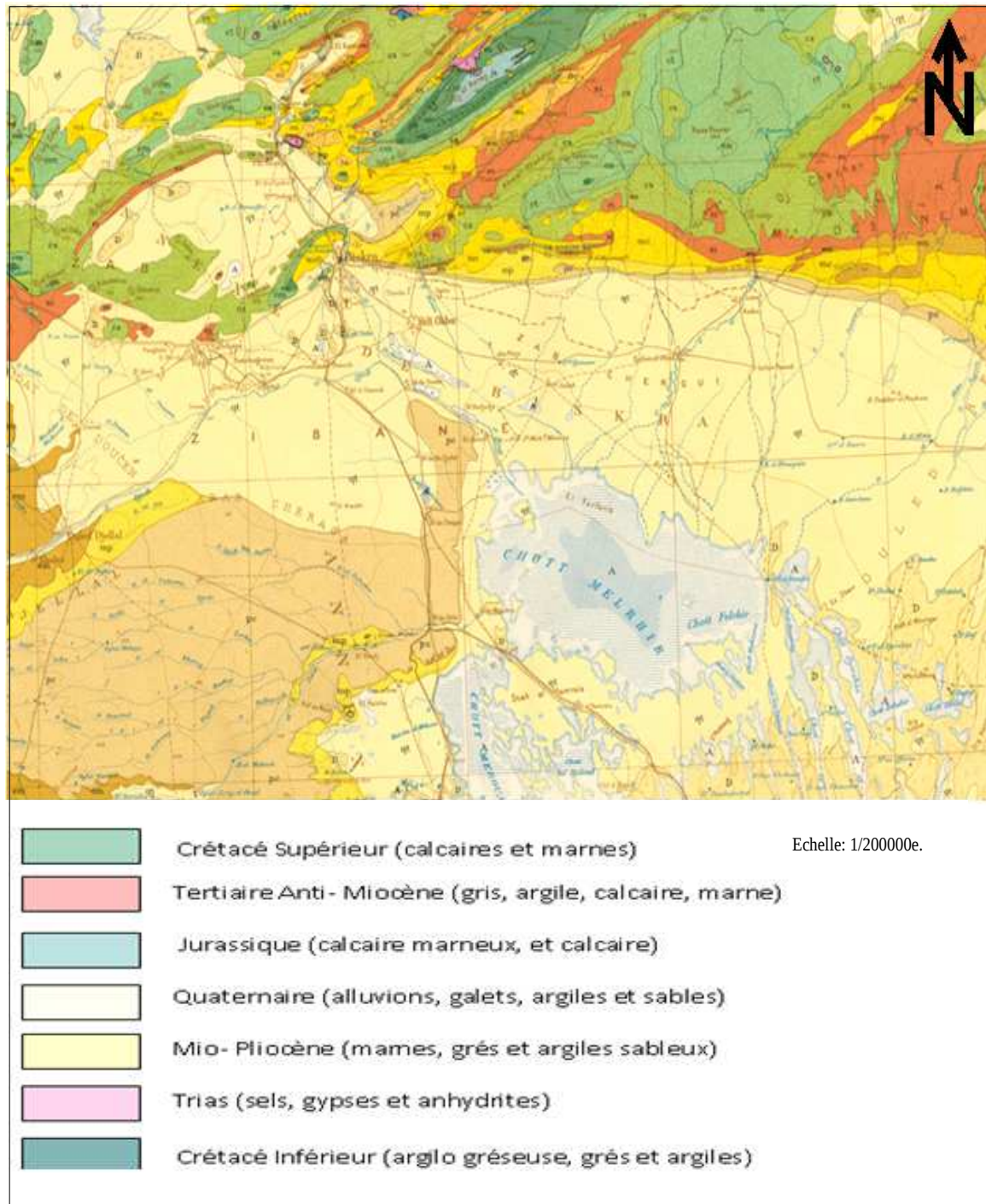


Fig.12.Extrait de la carte géologique de la région de Biskra
(ANRH d'après R.GUIRAUD, 1973)

III. LES CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES

L'étude des caractéristiques climatologiques joue un rôle primordial dans la connaissance des comportements des cours d'eaux, les variations des réserves, la compréhension des mécanismes d'alimentation et de circulation des eaux naturelles. Pour cela, l'élaboration du bilan hydrique est indispensable pour mieux comprendre le fonctionnement et les influences d'un système hydrologique de surface d'une région donnée. La région de Zab Est de Biskra fait partie de la zone climatique de la ville de Biskra. Pour caractériser le climat, est le plus déterminant des ressources en eau. Les précipitations, les températures, le vent, l'humidité, l'évapotranspiration et l'ensoleillement et d'autres phénomènes atmosphériques constituent le climat du Zab Est de Biskra. Ainsi, l'étude des possibilités de la maîtrise des ressources hydriques dans les bassins est extrêmement liée à ces phénomènes qui régissent les écoulements. Pour cela, il est très utile de faire l'approche hydro climatique.

1. L'équipement hydro-pluviométrique de Zab Est de Biskra

Le bassin de Zab Est de Biskra d'une superficie 9668,69 km². Les stations pluviométriques dont 10 fonctionnent à l'heure actuelle. Parmi ces dernières, nous avons retenu quatre (6) stations pour l'étude de façon à recouvrir le bassin à différentes altitudes, la station des Biskra (ONM) et la station de Biskra (ANRH) et la station de Fom El Gherza et la station de T'Kout et la station de Tiferfer.

Le choix de ces dernières est primordial pour venir à une étude complète et significative concernant le diagnostic des ressources en eau dans le sous bassin.

Le tableau suivant présente les différentes stations fonctionnelles dans le bassin du Zab Est de Biskra.

Tab.19. Les stations pluviométriques de la région du Zab Est de Biskra

Station	Code	X	Y	Z	P Annuelle (mm)
Biskra ANRH	061416	778,31	177,4	130	137,1
Fom El Gherza	061601	795,1	177,65	200	114,2
M'Ziraa	061609	829,61	164,84	176	67,1
Biskra ONM		779,31	166,49	120	137
T'Kout	061505	829,47	210,78	988	306,9
Tiferfer	061511	821,9	207,65	740	159,6

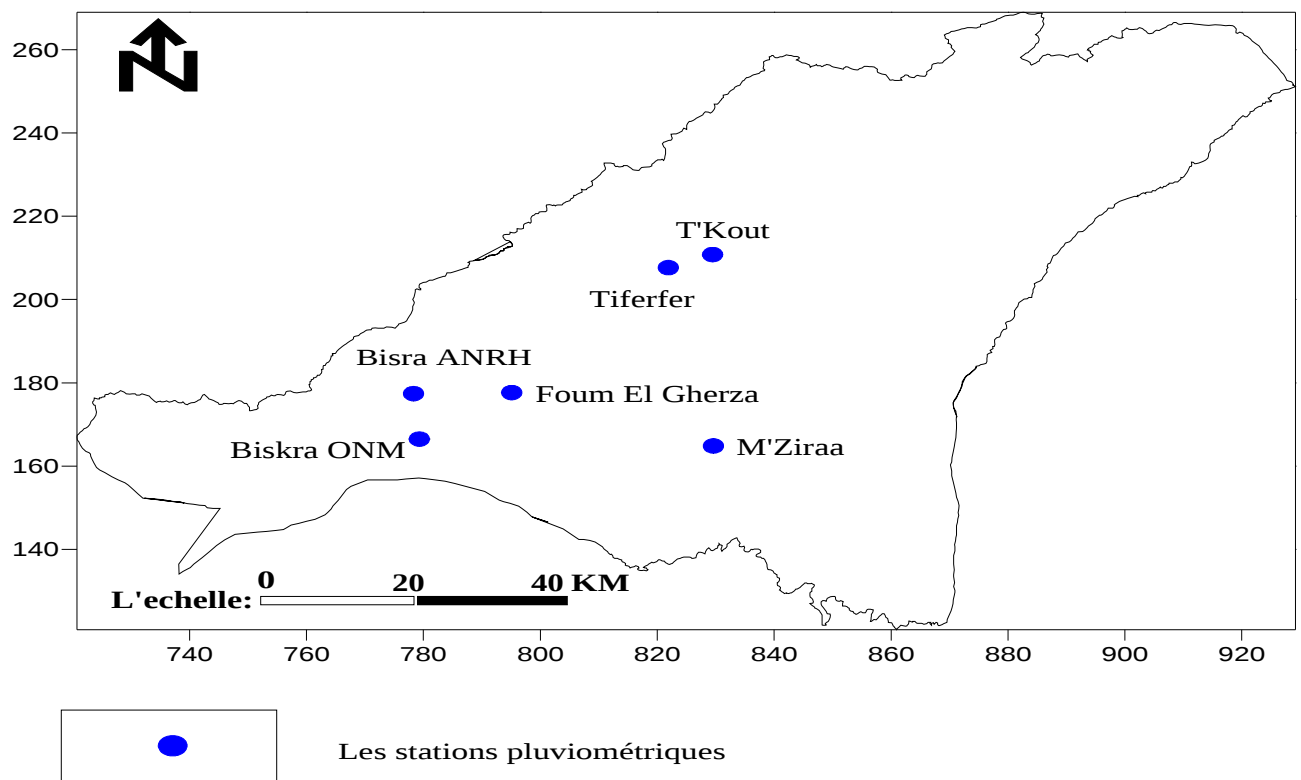


Fig.13. Répartition des stations pluviométriques dans le Zab Est de Biskra

2. Les paramètres météorologiques déterminants :

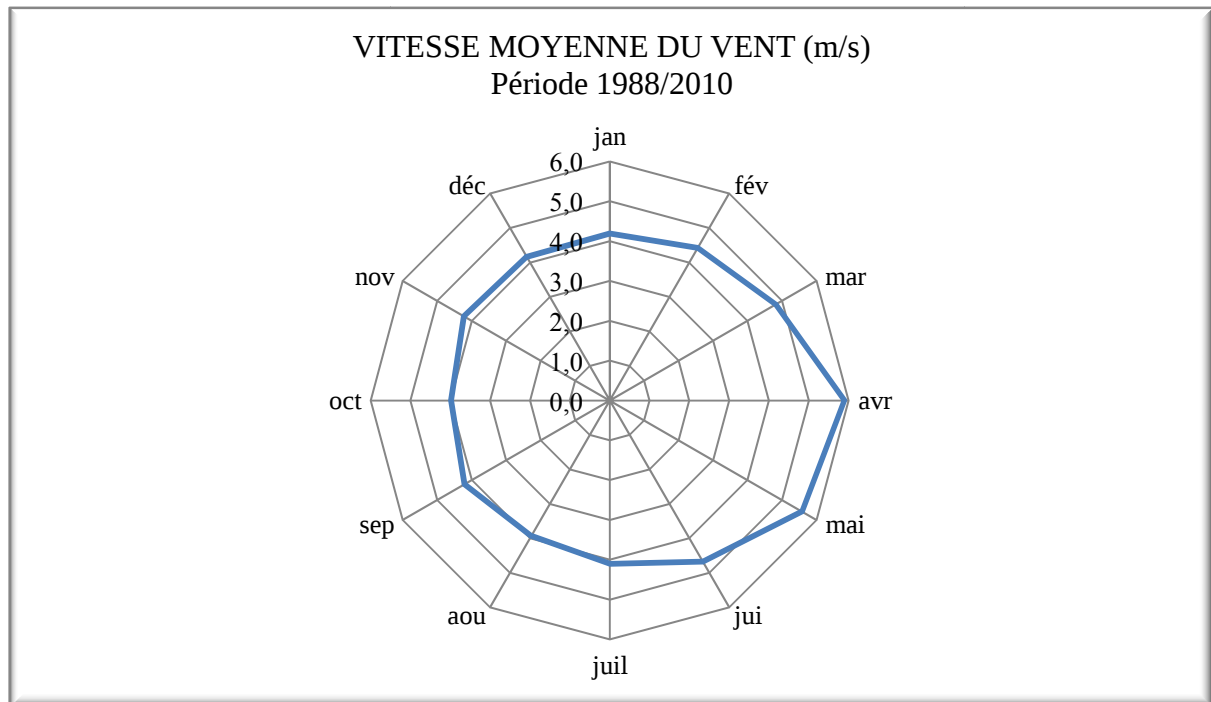
Pour cette étude nous avons utilisé les données climatiques de l'ONM (Office National de Météorologie) et de l'ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques) d'Ouargla et de la station du centre de Biskra, pour une période commune de vingt-trois ans (1988/89-2009/10).

Le régime des Vents :

Les vents ont une conséquence important sur les phénomènes d'évaporation, de précipitation et à un degré moindre sur les températures. Les vents sont relativement fréquents au printemps et en été, et durant la période des températures maximales arrivent des Siroccos Sud-est. En période hivernal, il y a une prédominance des vents Nord-Ouest amenant l'humidité de l'Atlantique du Nord. Le maximum de forces des vents est enregistré en hiver et en printemps, les vents de sable sont fréquents en Mars, Avril et Mai.

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

Dans la région de Biskra la seule station qui mentionne la vitesse du vent c'est la station de Biskra (ONM), d'après les données des moyennes des vents de cette station sur la période (1988/89-2009/10), on remarque que la fréquence de vitesse des vents atteint son maximum en hiver (Avril) avec 5.9 m/s, par contre le minimum des vents est enregistré en Mai avec 2,54 m/s. on constate aussi que les vitesses du vent sont presque homogènes pendant plusieurs mois de l'année, la vitesse moyenne annuelle est de l'ordre de 4.5 m/s.

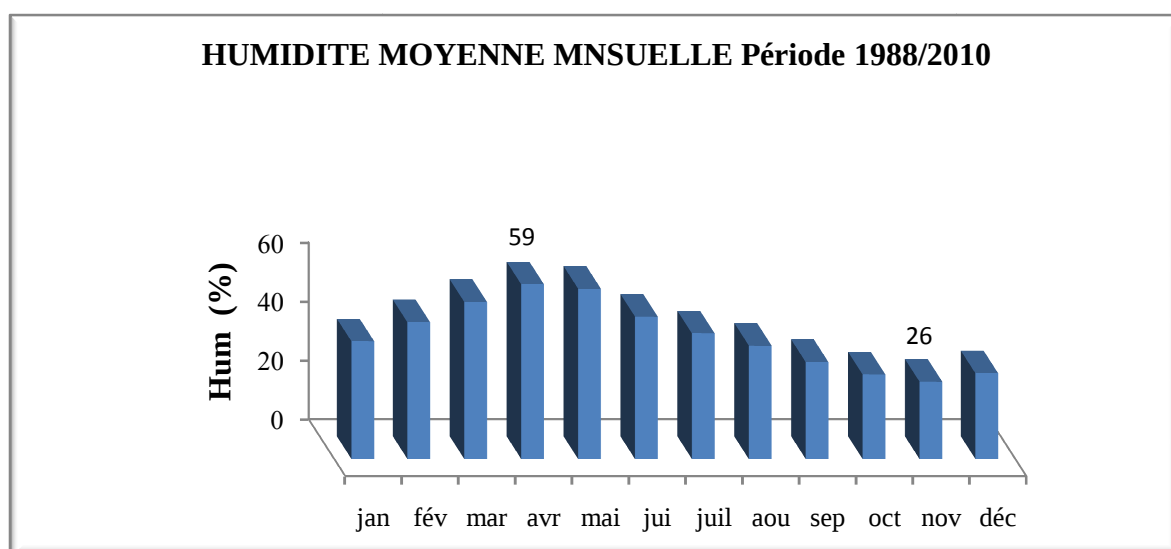


Source. (ONM) Station de Biskra 2010

Fig.14. Vitesse moyenne des vents à la station de Biskra (1988/89-2009/10)

L'humidité relative de l'air

Se situant aux ports du Sahara la région de Zab Est de Biskra est considérée comme une zone aride, qui est caractérisée par un climat sec et chaud, il est cependant tout à fait normal de constater des pourcentages d'humidités moins importants. D'après les données de la station de Biskra (ONM) on observe que le taux d'humidité moyenne mensuelle est un peu élevé pendant les mois de Novembre, Décembre et Janvier, respectivement de l'ordre de 54 %, 59 %, 57%, tandis que le plus faible est remarqué au mois de Juillet (26%).



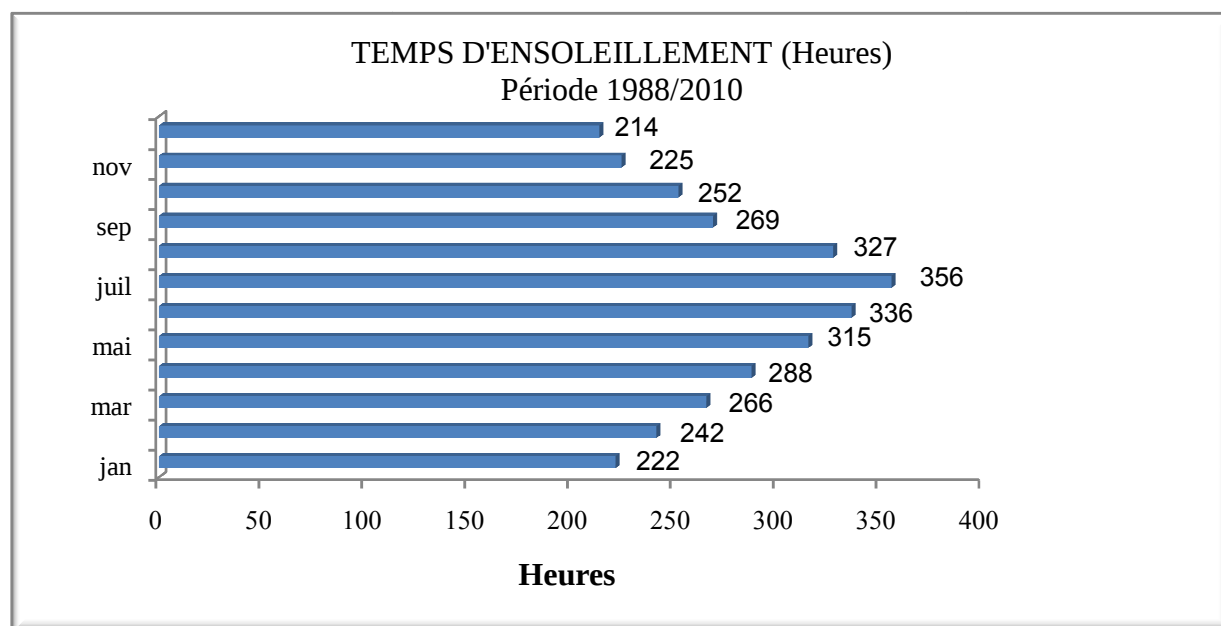
Source Station de Biskra (ONM) 2010.

Fig.15. Evaporation moyenne mensuelle de la station de Biskra (ONM)

* : Station de Biskra (ONM) l'humidité relative sur la période (1988/89-2009/10)

L'ensoleillement

D'après les données climatiques actuelles de l'ONM période 1988/2010 de la station de Biskra (ONM). Ensoleillée. Le nombre moyen d'heures d'ensoleillement varie de 214 h/mois en Décembre à 356 au mois de Juillet pendant la période estivale (Juin-Aout), la région de Biskra reçoit plus de 100 heures par mois.



Source Station de Biskra (ONM) 2010

Fig.16. L'ensoleillement moyenne mensuelle de la station de Biskra (ONM)

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

Les Précipitations

Les précipitations sont l'élément le plus important parce qu'elles reflètent la circulation des eaux superficielles et souterraines. De plus, toute étude climatologique nécessite une analyse bien détaillée des précipitations, car la pluie est un facteur qui conditionne l'écoulement saisonnier et par conséquent, le régime des cours d'eaux ainsi que celui des nappes.

Elles sont variables et irrégulières d'une année à une autre et d'une saison à une autre. Les mesures de celles-ci permettent d'évaluer la quantité d'eau tombée et surtout d'estimer la quantité destinée aux écoulements.

La variation interannuelle des précipitations pour la période de (1988/09/2009/2010) pour les six stations est représentée dans le tableau n.8.

A la station de Biskra (ONM), l'élévation annuelle des précipitations pour la période considérée varie de 279.7 mm en (2003/2004) à 35.2 mm en (1988/1999). Tandis que le module pluviométrique interannuel est égal à 132.7 mm.

La pluviosité interannuelle de la station T'Kout est plus importante que celle de la station de Biskra (ONM), un maximum de précipitation a été observé en (2003/2004) avec 494.5 mm, et un minimum de 110.4 mm en (1998/1999). Avec un module interannuel de 306.9 mm,

La hauteur annuelle des précipitations à la station Tiferfer varie de 396.3 mm en (1995/1996) à 74 mm en (1996/1997), avec un module pluviométrique interannuel de l'ordre de 159.6 mm.

A la station de Biskra (ANRH), pendant les années d'observation, le maximum de la pluviosité a été observé en (1995/1996) avec 229.3 mm, alors que le minimum est de 64.2 mm enregistré en 1993/1994 avec une moyenne annuelle de 137.1 mm.

A la station de Foum El Gherza la hauteur annuelle de précipitation pour le même période varie de 212.7 mm en (2003/2004) à 40.7 mm en 2000/2001 avec un module pluviométrique interannuel de 114.2 mm.

Dans la station de M'Ziraa la hauteur annuelle pendant les années d'observation, le maximum est de 214 mm en (1992/1993) avec un minimum de 7.9 mm en (2007/2008). Par conséquent un faible module pluviométrique interannuel égal à 67,3.

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

Tab.20. Variation des précipitations dans la région de Zab Est de Biskra.

année	Biskra (ONM)	T'Kout	Tiferfer	Biskra (ANRH)	Foum el Gherza	M'Ziraa
1988/1989	35,2	354,7	132,4	87,1	114,1	/
1999/1990	151,6	382,1	258,5	124,5	176,9	/
1990/1991	127,2	208,2	104	165,7	92	/
1991/1992	133,0	293,7	133	140,2	136,5	/
1992/1993	202,8	268	117	94,4	116,5	214
1993/1994	78,6	165,1	109,4	64,2	80,2	181,5
1994/1995	121,2	263,2	137	106,2	69,8	76,5
1995/1996	212,9	552,2	396,3	229,3	163,6	208,6
1996/1997	121,6	151	74	137,8	88,5	29,1
1997/1998	169,3	304,2	109,4	155	116,3	46,8
1998/1999	100,9	110,4	110,3	112,3	54,3	34,9
1999/2000	124,5	236,8	128	125,6	109,1	29,4
2000/2001	89,1	229,1	94,5	77	40,7	20,1
2001/2002	55,5	221,6	169	45,1	61,2	40,9
2002/2003	124,3	362	179,2	131,1	157,2	39,2
2003/2004	279,7	494,5	142,3	198,4	212,7	80,6
2004/2005	107,9	386,5	187,7	123,7	124,3	23,3
2005/2006	139,8	331,2	173,3	149,9	124,95	51,2
2006/2007	101,3	212,6	107,7	183,5	126,54	27,5
2007/2008	69,0	299,5	182,4	61,4	132,4	7,9
2008/2009	198,8	441,1	332,1	310,8	113,3	68,5
2009/2010	175,5	483,5	134,1	193,1	101,1	32
Moy AN	132,7	306,9	159,6	137,1	114,2	67,3

Source. ONM et ANRH 2010

La répartition mensuelle et saisonnière des précipitations influence directement les régimes hydrologiques, il est donc nécessaire de calculer les moyennes mensuelles des pluies pour chaque station et pour chacun des mois de l'année pour la même période d'observation. Pour évaluer la variation des précipitations moyennes mensuelles, nous avons établi le tableau et les histogrammes relatif à chaque station.

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

Tab.21. Précipitations moyennes mensuelles et saisonnières dans le Zab Est de Biskra

Les stations	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
T'Kout	40,1	21,9	27,8	27,2	20	23	28	30	31	23	12	24,5
Tiferfer	25,9	13,0	12,4	14,0	14,5	12,3	12,5	15,1	11,5	9,8	4,5	14,9
M'Ziraa	7,73	5,6	4,07	5,14	9,3	16	9,7	4,6	2,0	2,7	0,2	0,41
Foum El Gherza	13,5	9,4	15,2	12,2	16	9,4	12,1	12,5	6,3	3,6	0,2	3,71
Biskra ANRH	15,2	10,7	16,2	12,6	23	9,9	15,5	17,1	8,3	4,4	0,5	4,04
Biskra (ONM)	14,8	10,5	16,7	12,0	21,8	10,0	14,1	14,6	9,5	3,7	0,8	4,35

Source. ONM et ANRH 2010

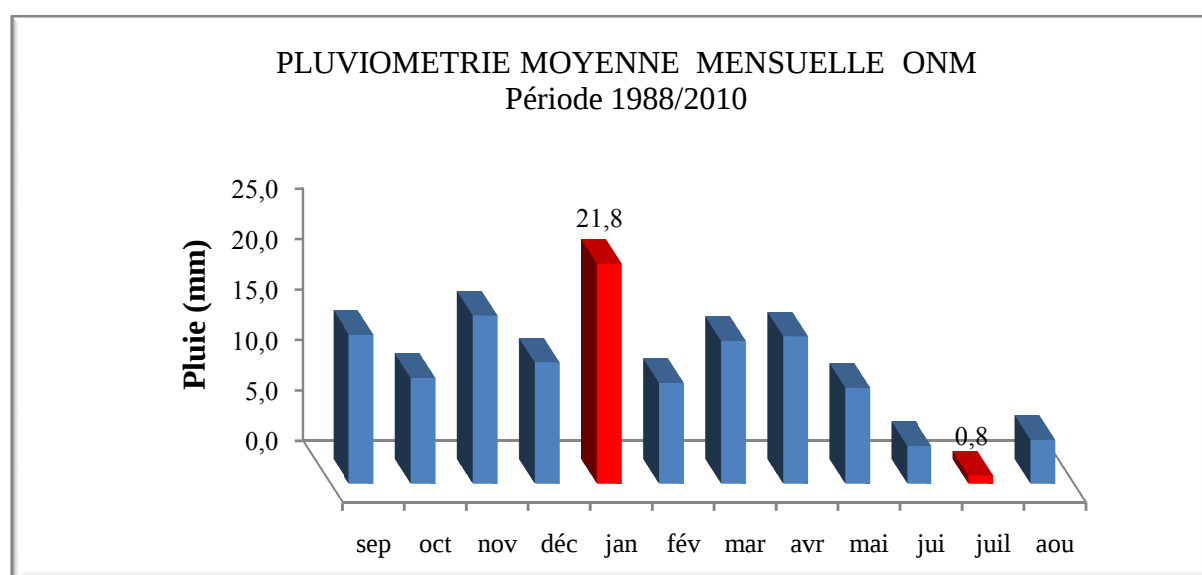


Fig.17. Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station de Biskra (ONM) (1988/1999-2009/2010).

Les précipitations atteignent le maximum au mois de janvier avec une hauteur de 21.8 mm et le minimum au mois de Juillet avec 0.8 mm.

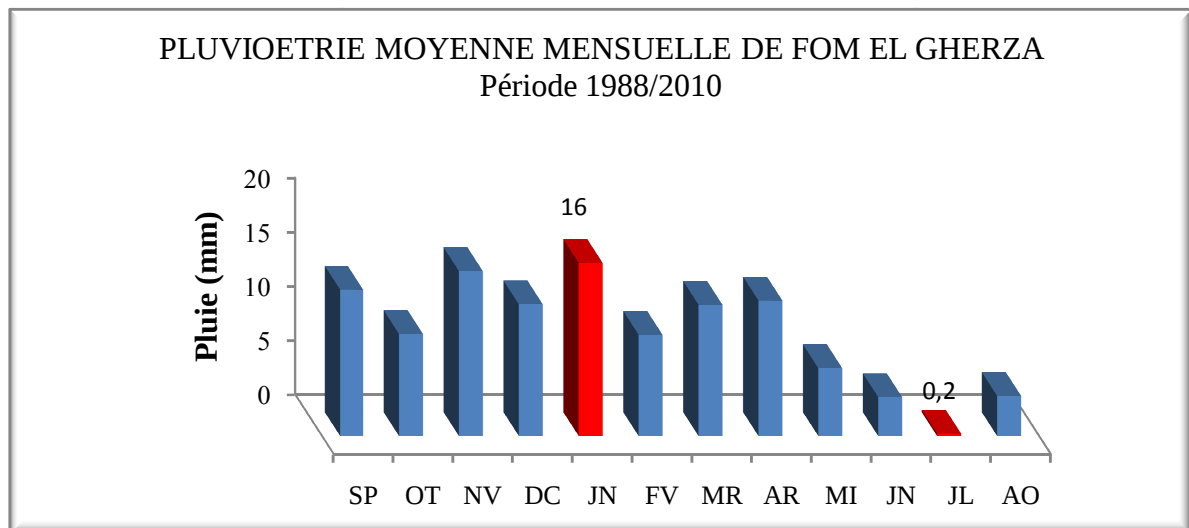


Fig.18. Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station de Fom El Gherza (1988/89-2009/10).

Le maximum des précipitations est de l'ordre de 16 mm, observé au mois de Janvier et le minimum au mois de Juillet avec 0.2 mm.

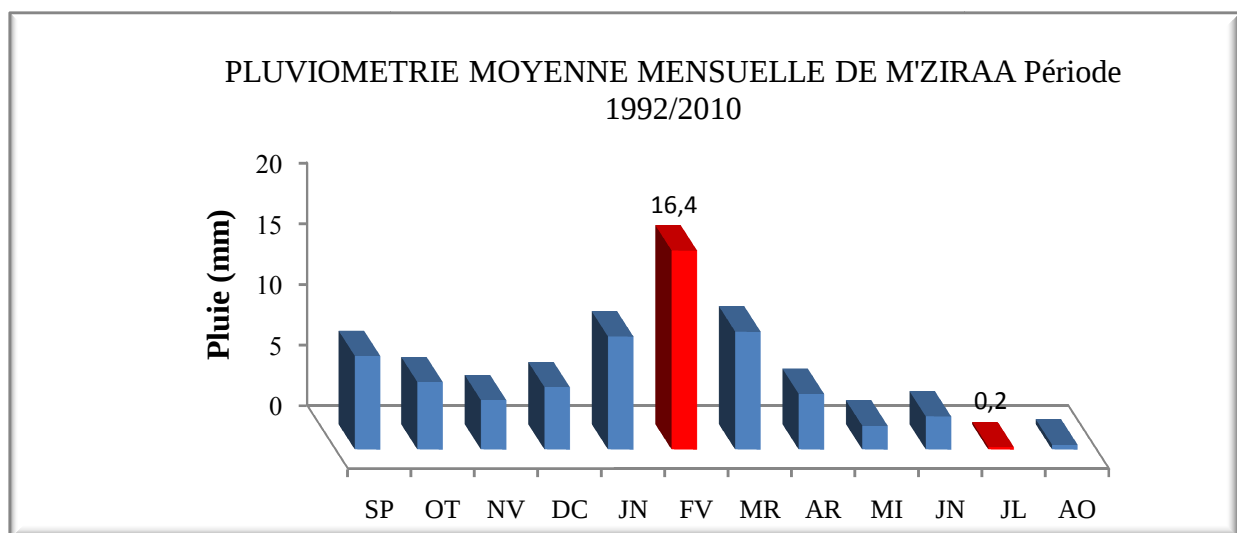


Fig.19. Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station de M'Ziraa (1992/1993-2009/2010).

La plus forte valeur des précipitations est marquée au mois de Décembre avec 16.4 mm, tandis que la plus faible caractérise le mois de Juillet avec 0.2 mm.

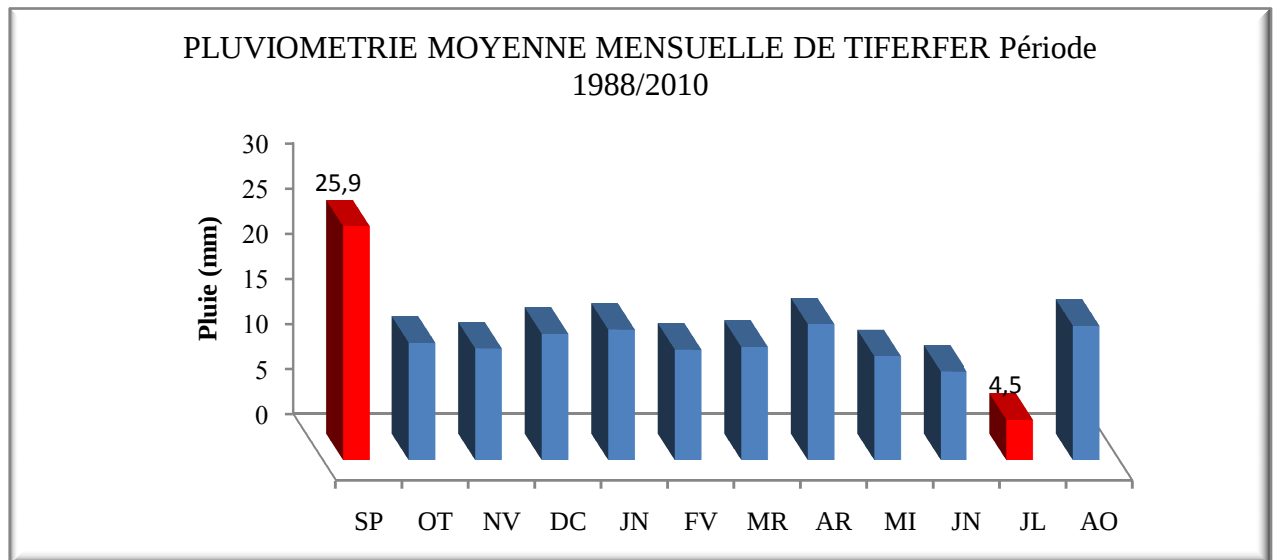


Fig.20. Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station de Tiferfer (1988/1989-2009/2010).

Les précipitations atteignent le maximum au mois de Décembre avec une valeur de 25.9 mm et le minimum au mois de Juillet avec 4.5 mm

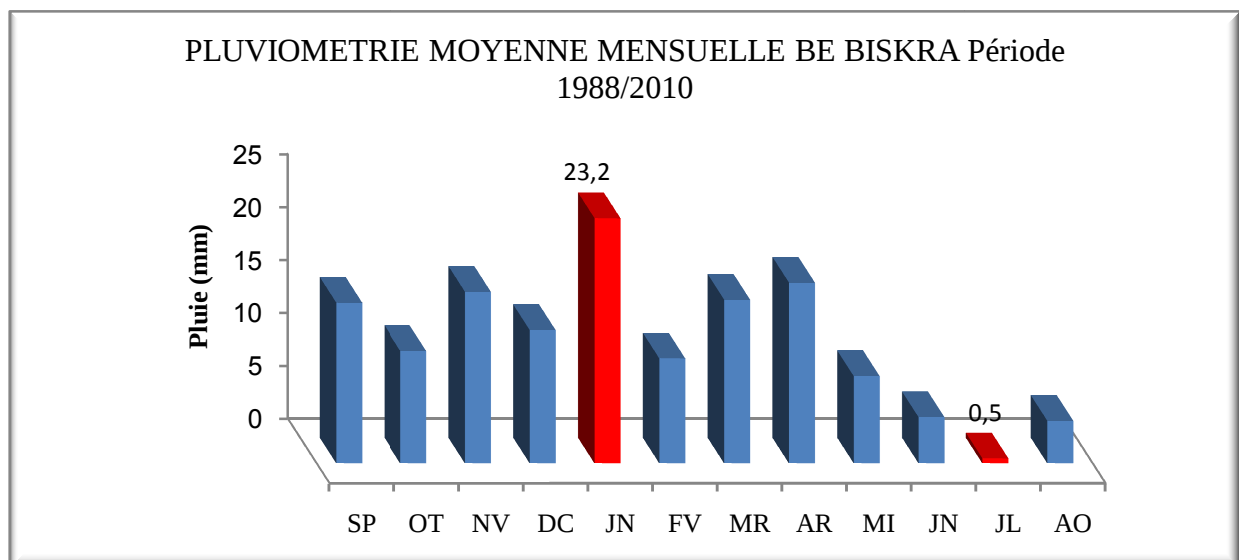


Fig.21. Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station de Tiferfer (1988/1989-2009/2010).

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

Le maximum de précipitation est observé au mois de Janvier est égal 23.2 mm et le minima est au mois de juillet égal 0.5 mm.

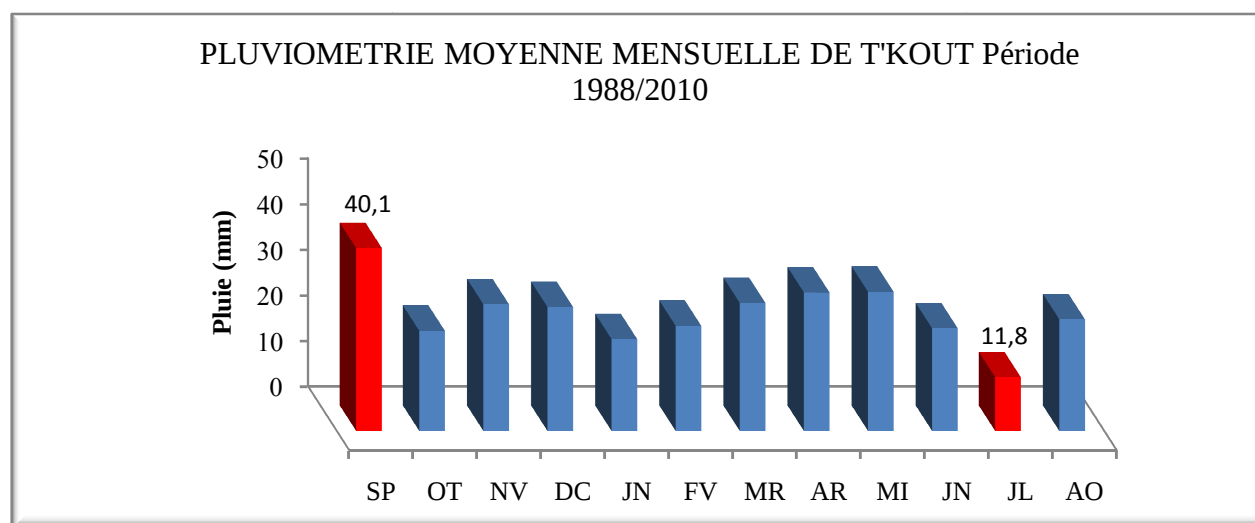


Fig.22. Histogramme des précipitations moyennes mensuelles de la station de Tiferfer (1988/1989-2009/2010).

Le maximum de précipitations est de l'ordre de 40.1 mm. Le mois le plus sec pour cette station est le mois de Juillet 11.8 mm.

Les Températures

La température est le second facteur après les précipitations qui conditionne le climat d'une région. Car elle agit directement sur le phénomène d'évapotranspiration et par conséquent le déficit d'écoulement annuel et saisonnier. On dispose des données de températures moyennes mensuelles de la station de Biskra (ONM) période de (1988/1999-2009/2010). Pour évaluer la variation des températures moyennes mensuelles, nous avons établi le tableau et l'histogramme relatif à cette station.

Tab.22. Température moyennes mensuelles en °C à la station de Biskra (ONM)

mois	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mar	avr	mai	jui	juil	aou	moy
moy	28,8	23,5	16,5	17,7	11,6	13,6	17,3	20,6	26,1	31,3	34,4	34	23

Source. ONM et ANRH 2010

L'histogramme ci-après montre les variations de la température moyennes mensuelles de cette station :

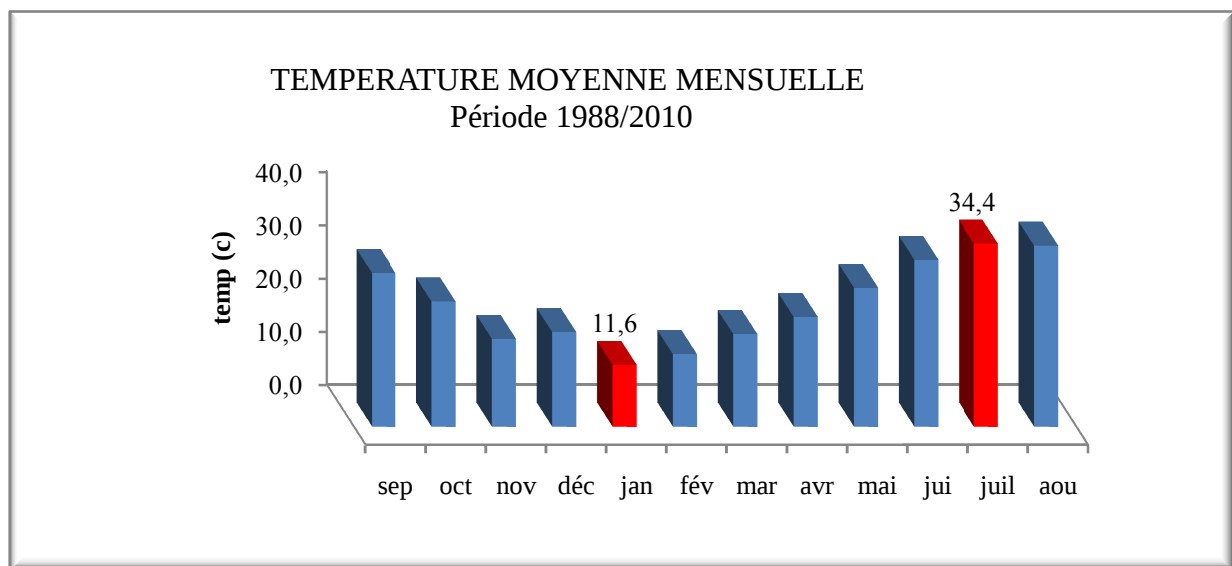
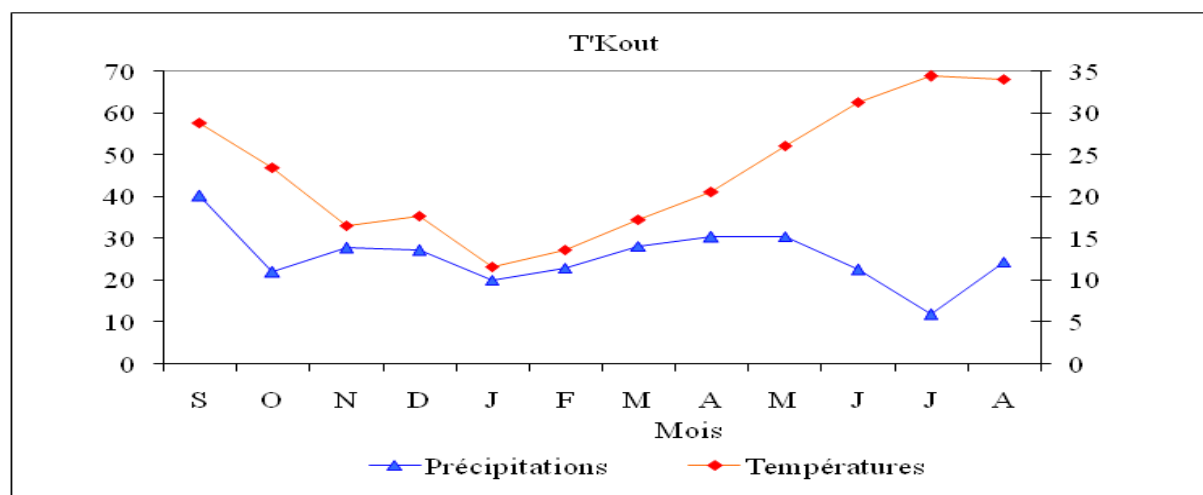
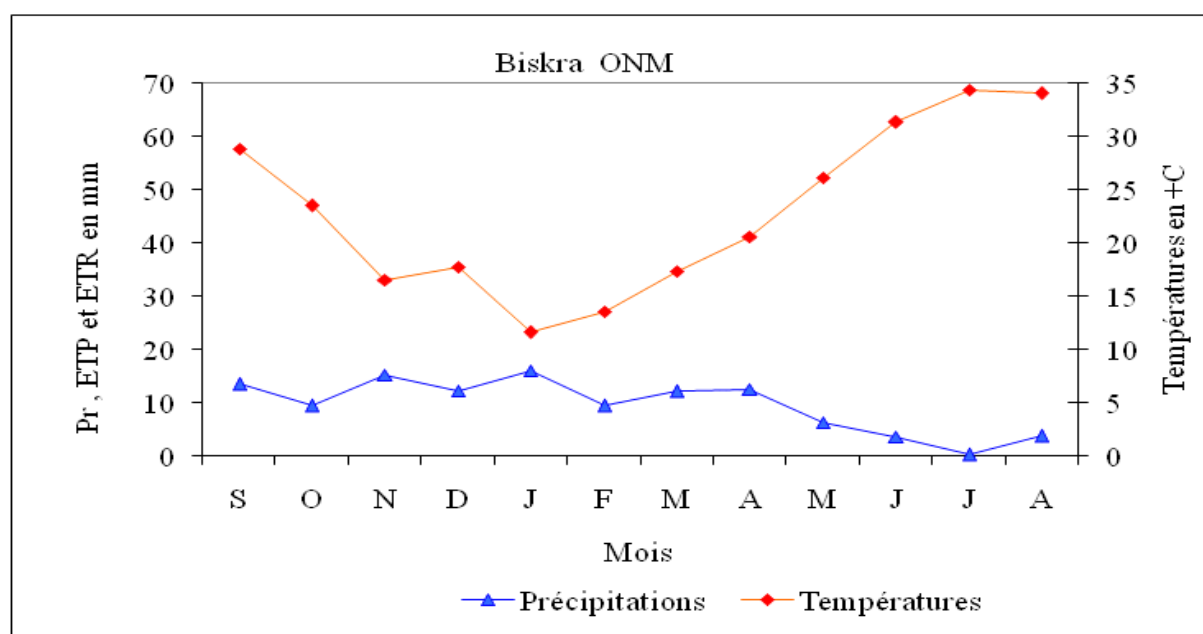
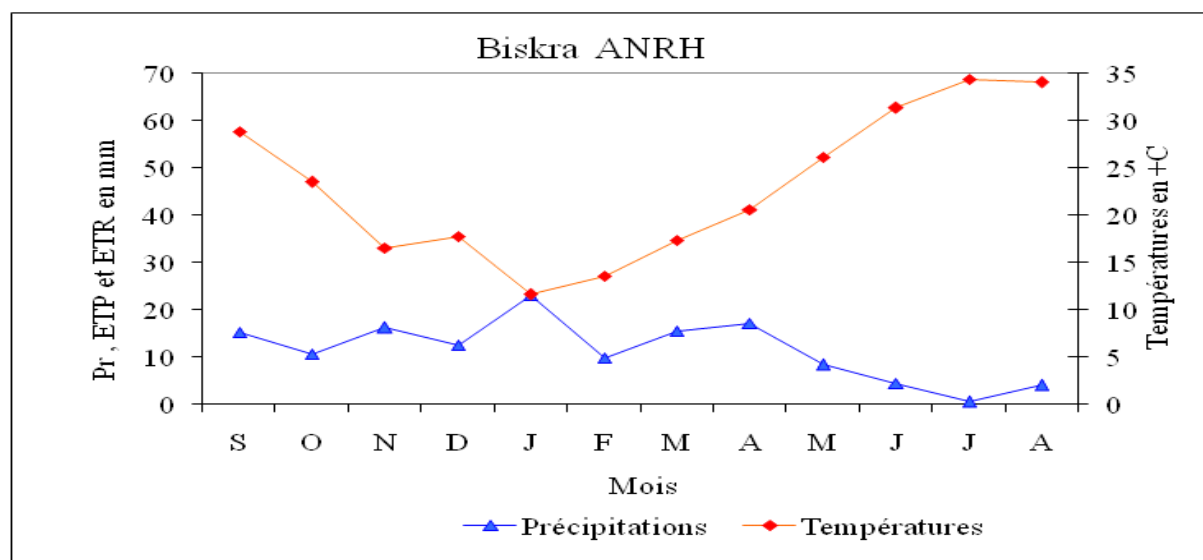


Fig.23. Variation des températures moyennes mensuelles dans la station de Biskra (ONM) durant la période (1988/1989-2009/2010).

D'après les données climatique de la station de Biskra (ONM), pendant qui caractérisé par un climat chaud et sec 23 années (1988/2010), on constate deux périodes : la première ou la température décroît du mois de Juillet (maximum : 34.4 °C) jusqu'au mois de Janvier (minimum : 11.6 °C). la deuxième période se démarque par une augmentation de la température de 13.6 °C en Février à 34.4 °C en Juillet. La température moyenne annuelle est de l'ordre de 23 °C.

Les diagrammes Ombrothermique pour les stations de la région de Zab Est de Biskra (Biskra (ANRH), Biskra (ONM), T'Kout, Tiferfer, M'Ziraa et Foum El Gherza) montrent une allure communément semblable. Cette allure permet de constater que la période sèche s'étale le long de l'année avec une intense sécheresse au mois d'Avril à Novembre.

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA



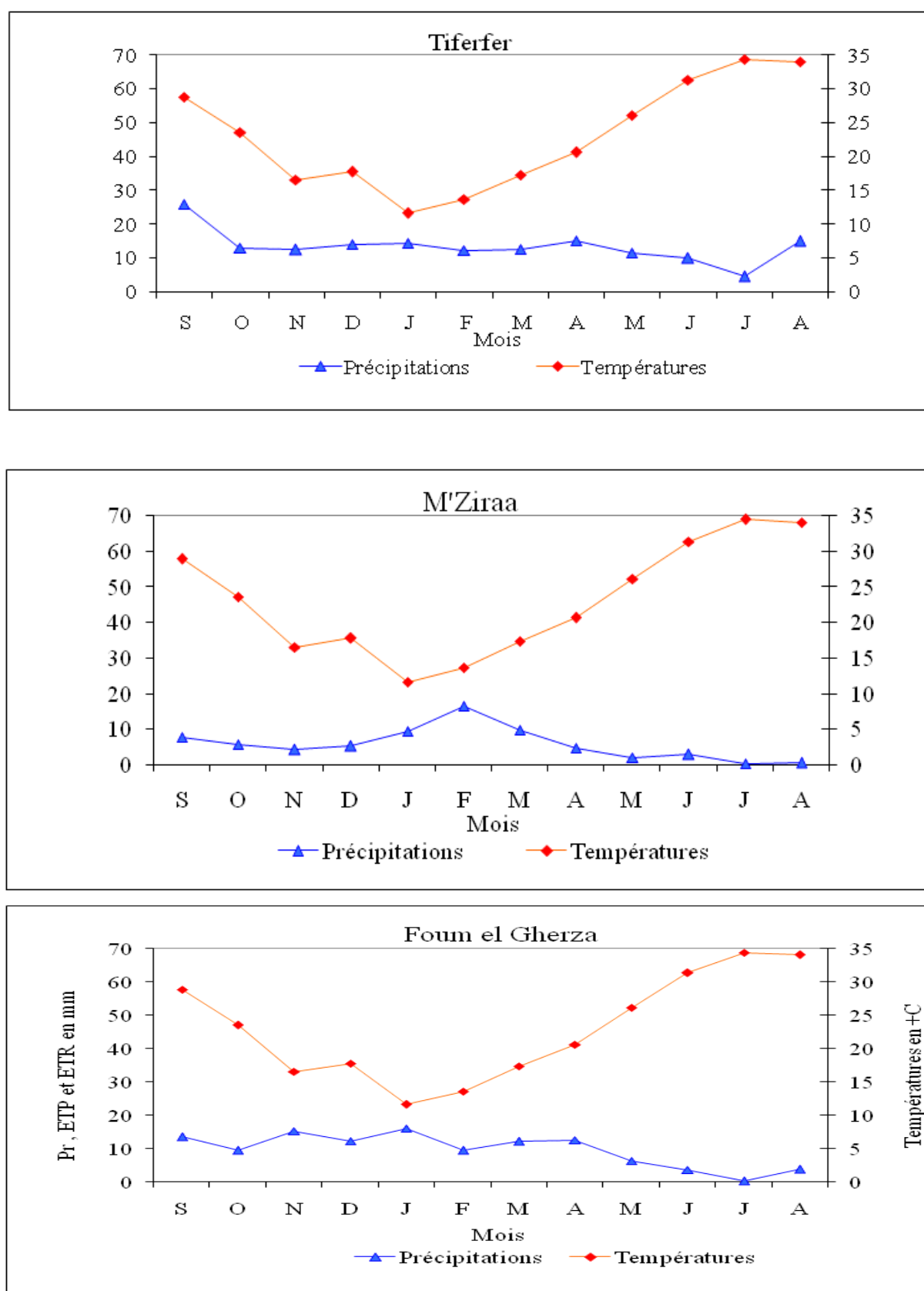


Fig.24. Les diagrammes Ombrothermique dans les six stations du Zab Est de Biskra (1988/89-2009/2010)

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

Le bilan d'eau

L'étude du bilan hydrique permet d'évaluer la répartition des précipitations reçues par le bassin versant entre les différentes composantes du bilan hydrique, à savoir, l'écoulement, l'infiltration, et l'évapotranspiration. Ce dernier paramètre étant le plus important, car il conditionne l'abondance ou l'absence de l'écoulement. Il est calculé par la formule suivante : $P = ETR + R + I$

Le calcul de l'ETP par la méthode de C.W. THORNTWAITE

La formule de calcul de l'évapotranspiration potentielle selon C.W. Thornthwaite tient compte de l'indice thermique et de la température moyenne mensuelle. Vu les caractéristiques intermédiaires du climat sahariennes, cette formule est applicable dans les sous bassin de Zab Est de Biskra. La méthode de Thornthwaite permet à partir des données de base (précipitations (mm), température (°C), le coefficient thermique mensuel (k), et l'indice thermique mensuel (I) de calculer l'évapotranspiration potentielle ETP selon la relation suivante:

et $a = 0,016 \cdot I + 0,5$

$$ETP = 16 \left(10 \frac{t}{I} \right)^a \cdot k$$
$$i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1,5} \text{ et } I = \sum_{i=1}^{12} i$$

Cette méthode est basée sur la notion de réserve facilement utilisable (RFU), et nous admettons que le sol est capable de stocker une certaine quantité d'eau (RFU) qui pourrait reprise par l'ETP. (RFU max = 50 mm).

Nous établirons un bilan à l'échelle mensuelle, seulement pour les six stations, de Biskra ANRH, de Biskra (ONM), Tiferfer, M'Ziraa, Foum El Gherza et T'Kout, représentant de la totalité dans les sous bassin de Zab Est de Biskra. Les résultats obtenus sont reportés sur les tableaux suivant.

Tableau .14. Bilan d'eau selon la méthode de C.W.Thornthwaite de la station de T'Kout (1988/89-2009/10)

Avec :

P : Précipitation moyenne mensuelle, en mm.

T ; Température moyenne mensuelle, en °C.

I : Indice thermique mensuel.

ETP : Evapotranspiration potentielle, en mm.

RFU : Réserve facilement utilisable.

ETR : Evapotranspiration réelle, en mm.

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

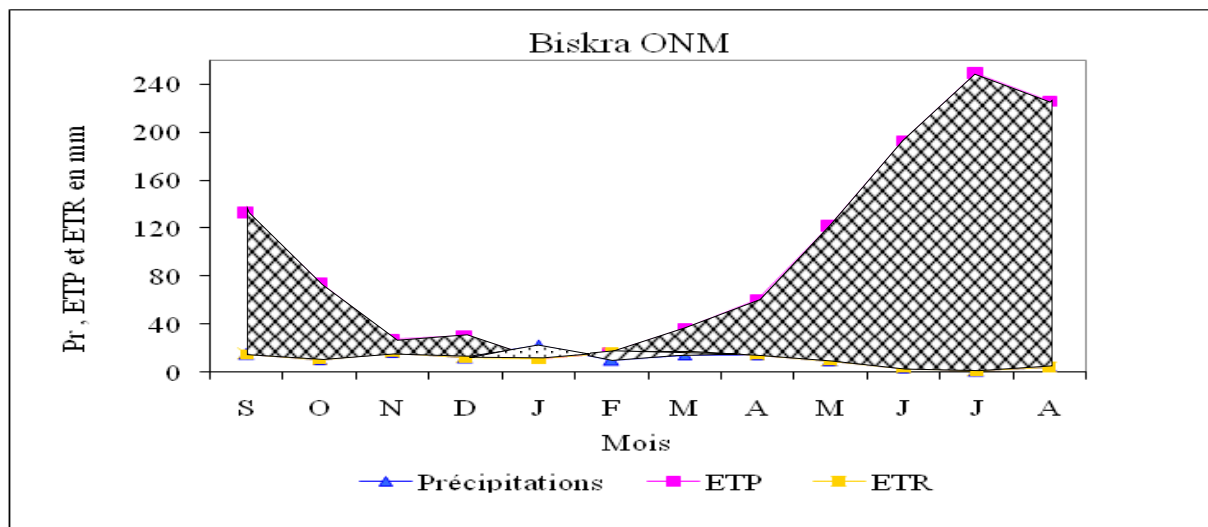
EXD : Excédent.

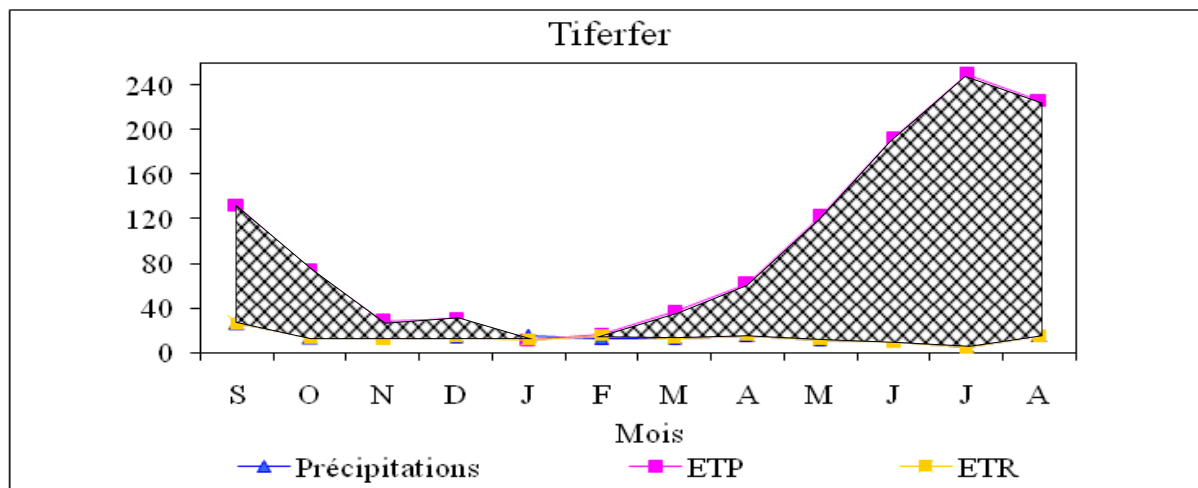
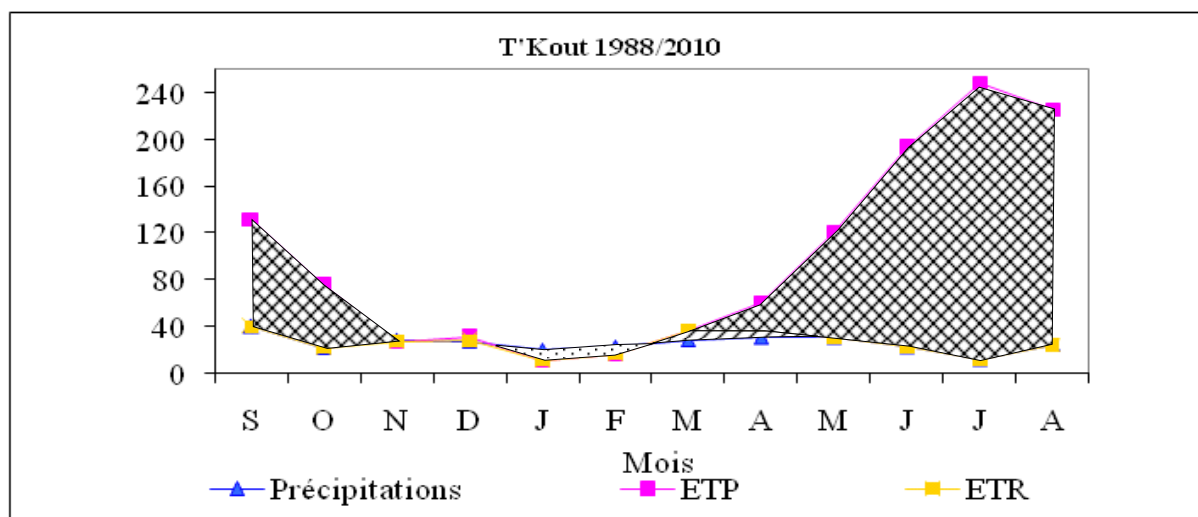
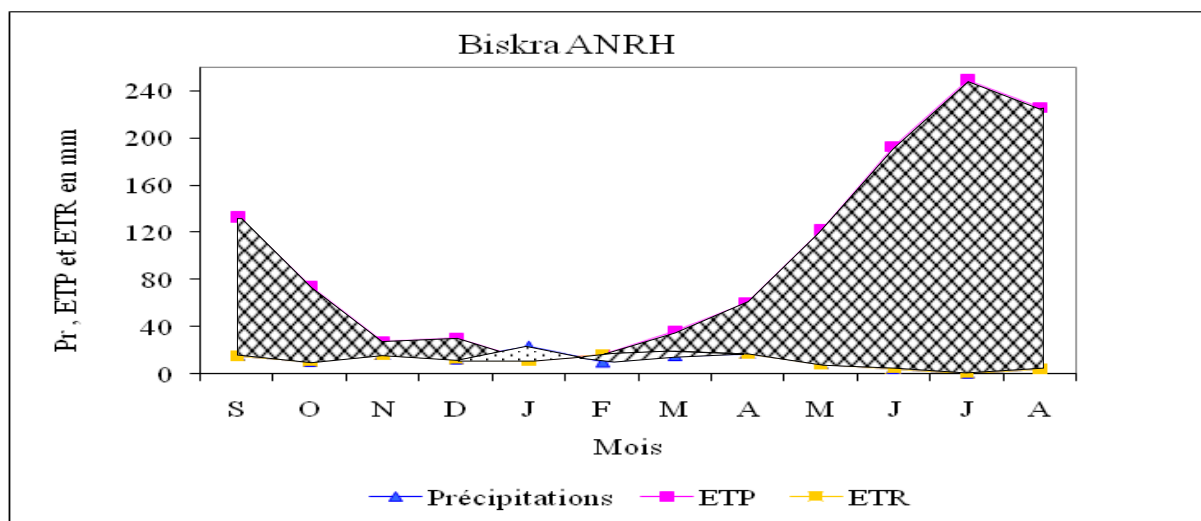
DA : Déficit agricole.

Le calcul de l'ETP par la méthode de C.W. Thornthwaite

Cette méthode est basée sur la notion de réserve facilement utilisable (RFU), et nous admettons que le sol est capable de stocker une certaine quantité d'eau (RFU) qui pourrait reprise par l'ETP. (RFU max = 50 mm).

Nous établirons un bilan à l'échelle mensuelle, seulement pour les six stations, de Biskra ONM, Biskra ANRH, Tiferfer, T'Kout, Foum El Gherza et de M'Ziraa, représentant de la totalité des sous bassin de Zab Est de Biskra. Les résultats obtenus sont reportés sur les tableaux (annexe). Afin de visualiser les résultats obtenus du bilan d'eau dans les six stations (Biskra ONM, Biskra ANRH, Tiferfer, T'Kout, Foum El Gherza et de M'Ziraa), des représentations graphiques des données sur les figures suivant illustrent bien la situation.





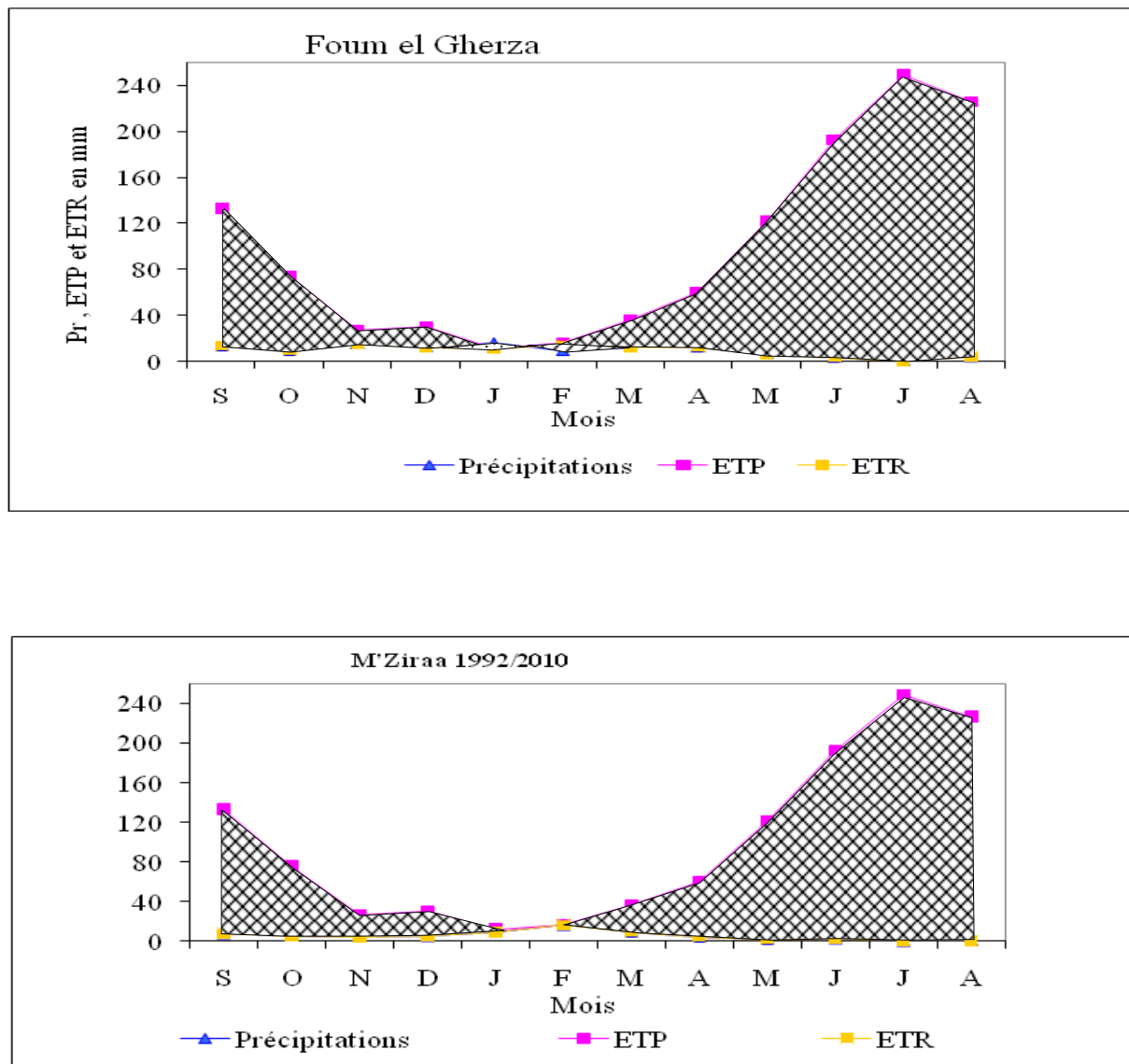


Fig.25. Représentation graphique du bilan d'eau selon la méthode de C.W.Thornthwaite Dans les six stations (1988/89-2009/2010)

La représentation graphique du bilan d'eau selon la méthode de Thornthwaite dans les six stations montre que l'évapotranspiration maximale a été observée pendant le mois de Juillet pour une valeur de 248,1 mm, ce qui produit un déficit agricole de 247,3 mm, nécessitant une irrigation pour les zones de culture. La période déficitaire débute au mois de Février jusqu'à le mois de Novembre. Des valeurs de déficit agricole plus importantes durant cette période déficitaire, nécessitant le recours aux eaux souterraines pour satisfaire les besoins d'irrigation. On constate un épuisement des réserves est apparent le mois de Février jusqu'à Mars.

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

Le calcul de l'évapotranspiration réelle ETR par la méthode de Turc

La formule de Turc permet d'évaluer directement l'ETR annuelle des sous bassin du Zab Est de Biskra à partir de la hauteur annuelle de pluie et de la température moyenne annuelle, selon la formule: Avec;

$$A- \text{ Formule annuelle de TURC: } ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Avec

P: Hauteur des précipitations annuelles en mm.

ETR: Evapotranspiration réelle en mm.

$$L = 300 + 25T + 0.05T^3$$

Où T: Température moyenne annuelle en °C.

Tab.23. Les valeurs de l'ETR par la formule de TURC

année	Biskra(ONM)	T'Kout	Tiferfer	Biskra(ANRH)	Foum elGherza	M'Ziraa
P	132,9	307,9	160,3	137,6	114,2	67,9
T	23	23	23	23	23	23
L	1483,35	1483,35	1483	1483,35	1483,35	1483,35
ETR	139,46	317,05	167,9	143,83	119,98	71,48

Estimation du ruissellement :

Le coefficient de ruissellement (R) est calculé selon deux formules :

- La formule de TIXERON BERKALOFF :

$$R = \frac{p^3}{3 * ETP^2} \quad \text{Si } P < 600 \text{ mm}$$

- La formule de TIXERON BERKALOFF modifiée par ROMANTCHOUK

$$(1974) : \quad R = \frac{p^3}{3} \quad \text{Si } P > 600 \text{ mm}$$

Avec

P : Précipitation moyenne annuelle, en mm/an.

ETP : Evapotranspiration potentielle annuelle, en mm.

R : Ruissellement, en mm

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

Tab.24. Les résultats des ruissellements "R" dans les Six stations

année	Biskra(ONM)	T'Kout	Tiferfer	Biskra(ANRH)	Foum el Gherza	M'Ziraa
P	132,9	307,9	160,3	137,6	114,2	67,9
R	0,56	6,92	0,98	0,62	0,35	0,07
%	0,4	2,2	0,6	0,5	0,3	0,1

D'après les résultats des ruissellements on constate que le pourcentage du ruissellement est très faibles dans les six stations (Biskra ONM, Biskra ANRH, T'Kout, M'Ziraa, Tiferfer, Foum El Gherza), et cela est dû à l'importance de la précipitation, ainsi que les reliefs dans le Nord de la zone d'étude ; par contre au niveau de la plaine de la région d'étude la forme plane permettant un écoulement lent.

Estimation de l'infiltration :

La disponibilité des différents facteurs régissant l'équation du bilan hydrologique nous permet de déterminer l'infiltration efficace :

$$P = ETR + R + I$$

Avec

P : Précipitation moyenne annuelle, en mm.

ETR : Evapotranspiration réelle annuelle, en mm.

R : Ruissellement annuel, en mm.

I : Infiltration efficace moyenne annuelle, en mm.

L'infiltration : $I = P - (R + ETR)$

Tab.25. Les résultats de l'infiltration efficace "I" dans les six stations

année	Biskra(ONM)	T'Kout	Tiferfer	Biskra(ANRH)	Foum el Gherza	M'Ziraa
ETR	132,9	307,9	160,3	137,6	114,2	67,9
ETP	1179,3	1179,3	1179	1179,3	1179,3	1179,3
P	132,9	307,9	160,3	137,6	114,2	67,9
R	0,56	6,92	0,98	0,62	0,35	0,07
I	0,56	6,92	0,98	0,62	0,35	0,07

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

D'après le tableau récapitulatif des différentes composantes du bilan hydrique, on constate que les précipitations à la station de T'Kout sont nettement supérieures aux celles de toutes les stations de Biskra ONM, M'Ziraa, Tiferfer, Foum El Gherza et Biskra ANRH.

Conclusion

Les petits bassins de Zab Est sont caractérisés par un climat aride et sec, avec des hivers froids et secs et des étés chauds et secs (Côte, 1979) ; la température moyenne annuelle à la station de Biskra est de l'ordre de 23 °C, avec un minimum de 11,6 °C en janvier et un maximum de 34,4°C en juillet. Quant aux précipitations ne dépasse pas le 200 mm/an dans les stations de la région de Zab Est de Biskra sauf à la station de T'Kout qui dépasse le 300 mm/an. Ces résultats de température et de précipitations définissent une seule saison typique du climat saharienne, avec une saison sèche.

L'évapotranspiration réelle est plus importante dans toutes les stations étudiées, avec un taux de 100 % de la totalité des précipitations.

Le ruissellement et l'infiltration calculés sont de l'ordre de 0,56 mm, 0,62 mm, 0,98mm, 0,35 et 0,07mm respectivement dans les cinq stations (Biskra ONM, Biskra ANRH, Tiferfer, Foum El Gherza et M'Ziraa). Cependant, à la station de T'Kout, le ruissellement est égal et l'infiltration est de l'ordre de 6,92 mm.

Le déficit agricole annuel des précipitations est de l'ordre de 1046,4 mm à la station de Biskra ONM et de l'ordre de 1041,8 mm Biskra ANRH et de 871,5 mm à la station de T'Kout et 1019 mm à Tiferfer et de l'ordre de 1065,1 mm à la station de Foum El Gherza, et dépasse le 1111mm/AN dans la station de M'Ziraa.

VI. LES CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES.

Dans les régions arides et semi-arides, les précipitations, étant caractérisées par de fortes irrégularités, ont généralement des effets dévastateurs et néfastes à travers les crues des cours d'eau. Ces oueds qui ne présentent pas d'écoulement pérennes sont, en fait, la principale origine de l'alimentation des aquifères, notamment les nappes de l'inféro-flux.

Le régime pluviométrique des cours d'eau est fonction du régime de la pluviométrie. Ces cours d'eau se caractérisent par un régime torrentiel et se manifestent dans de courtes durées. Les apports sont très variables d'une année à l'autre.

Une partie importante de l'eau de ces cours d'eau est évaporée et le reste alimente les aquifères souterrains. Ces écoulements qui sont diffus sur les flancs des reliefs deviennent concentrés au niveau des oueds. Les eaux précipitées sur les hauteurs septentrionales (Atlas saharien, Aurès) sont acheminées vers les zones basses (chott).

La vitesse d'écoulement des eaux et la vitesse de propagation des crues sont, essentiellement, en relation avec la pente hydrographique. L'étude du profil en long des cours d'eau nous renseigne sur leurs effets dévastateurs et le mode d'alimentation des aquifères.

1. Les stations hydrométriques principales :

Les stations hydrométriques sont nombreuses, il en est de même des postes pluviométrique. Il ne sera fait ici mention que des stations principales dont les mesures présentent un intérêt certain pour les études d'aménagement d'ouvrages hydrauliques, ou autres. En effet, et c'est grâce aux données recueillies sur les sites des stations de contrôle sur les oueds El Abiod, et El Arab que les barrages suivants ont été respectivement érigés : Foum El Gherza et Babar dans la wilaya de khenchela.

L'exploitation de cette masse d'informations a permis de suivre l'évolution des apports liquide, solides et salins de ces cours d'eau.

Trois stations hydrométriques qui contrôlent de grands versants sont proposées dans le cadre de cette étude. Ces sites permettent d'avoir les données sur les écoulements des grands ensembles du versant sud des Aurès.

Station hydrométrique de M'Chouneche

Station hydrométrique de Khanguet sidi Nadjji

Station hydrométrique de M'Lili

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

Hydrographie et ressources en eau de surface :

Comme étant l'exutoire de l'ensemble des eaux de surfaces dans le bassin de Melrhir Le chott reçoit les eaux des principaux oueds suivants : A l'Est, oued El Arab, principal oued de la zone, avec ses 5 affluents, et Oued El Haguef, au Nord, Oueds El Abiod et Biskra qui se jettent dans l'Oued Djedi au lieu dit Sâada, à l'Ouest, Oued Djedi avec ses 6 affluents.

Les principaux oueds de la région de Zab Est

Bassin versant de l'oued Djedi

Le bassin versant de l'oued Djedi couvre une superficie de 24200 Km². C'est le cours d'eau le plus important du bassin versant. Il traverse toute la région située à l'ouest du méridien de Biskra et se jette dans le Chott Melrhir. Il est orienté Ouest – Est, mais au cours de son trajet, il subit des déviations locales et c'est ainsi qu'au niveau de Sidi Khaled il bifurque au Nord pour ne reprendre sa direction initiale qu'au niveau de Lioua. L'oued Djedi peut être considéré comme le collecteur de la vaste gouttière qui s'étend sur plus de 500 km au pied de l'Atlas saharien (Dubieff, 1953). Elle est assez fortement inclinée (2 pour mille) vers l'ENE. Partant de Rass Echaab, à 969 mètres d'altitude, au chott Melrhir, à une vingtaine de mètres au dessus du niveau de la mer. L'origine de l'Oued Djedi se situe à la confluence des deux oueds : M'zi et Messad. Sur son passage, il reçoit plusieurs oueds provenant du flanc sud de l'Atlas saharien. Les crues les plus fortes arrivent jusqu'au Chott, les autres sont ralenties et s'évaporent ou s'infiltrent dans les plaines et les oasis. Les principaux affluents sont pour la partie occidentale

- l'oued M'zi qui prend naissance à une altitude de 1400 m.
- l'oued Messaad qui prend naissance à une altitude de 1000 m.
- l'oued Merguel et l'oued Moudjbara qui prennent naissance à une altitude d'environ 1400 mètres et se rejoignent pour former l'oued Demmed.

Plus à l'Est les affluents deviennent moins importants, leurs origines étant à une altitude bien moins élevée et leurs bassins beaucoup plus restreints :

- l'Oued Kharsa dont le réseau prend naissance dans les monts du Zab recoupe les massifs de Groun El Kebch et Hamara. Il est relayé dans la plaine par l'oued Doucen qui rejoint à son tour l'oued Djedi au sud de Lioua.

Oued Biskra

Plus à l'Est l'oued le plus important après l'oued Djedi est sans conteste, l'oued Biskra. Son bassin versant couvre une superficie de 2947 Km². Il collecte des affluents issus des massifs des Aurès, notamment, oued Branis et oued El Hai. Il prend sa source dans les

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

massifs des Aurès à une altitude qui dépasse les 2000 m. L'oued Biskra possède, localement, un écoulement pérenne soutenu par les apports des sources qui sourdent à l'amont et les pompages. Il traverse la ville de Biskra pour se déverser dans le Chott Melrhir. Il alimentait autrefois l'oasis de Biskra grâce aux crues relativement fréquentes en hiver (Nesson, 1978).

Oued el-Abiod

L'Oued el-Abiod est le plus important cours d'eau du massif des Aurès. Durant la période 1950 à 1960, il s'est écoulé un volume d'eau de 210.5 Hm³. Il est équipé d'un barrage depuis 1950, (barrage de Foug el-Gherza) d'une capacité de 47 Hm³ et qui Fournit l'eau d'irrigation, principalement, à la palmeraie de Sidi Okba. Des jaugeages sont effectués à la station hydrométrique de M'Chouneche, installée en amont du barrage à environs 25 Km. Sa mise en service a été faite en 1971 par les services de la D.E.M.R.H. La station contrôle une superficie dépassant les 1050 Km². Le débit annuel moyen (1971/94) est de 11 Hm³ (fig.65).

Ce qui donne un débit de 0.57 m³/s. La lame d'eau écoulée est de 13 mm. On remarque une certaine irrégularité, qui est due aux variations interannuelles des précipitations. (Voir tableau de la station hydrométrique de M'Chouneche en annexe)

Oued El Arab : Un réseau dendritique.

Celui-ci résulte de la confluence de l'Oued Mellagou et de l'Oued El Abiod¹ qui prennent leurs sources respectivement au Djebel Chélia et au Djebel Aïdel. Son tracé à l'Est, est la limite exacte du massif qui le délimite des monts des Nememchas. Il draine pratiquement tout le flanc est du massif. La superficie de son bassin qui touche l'Aurès est d'environ 2500 Km².² Cet Oued à écoulement permanent qui a justifié d'ailleurs la construction du barrage de Babar, irrigue une série d'Oasis notamment après la sortie du massif. Nous pouvons citer entre autres Kheirane, Khanguet Sidi Nadji, Zeribet El-Oued. Plus au Sud à 150 Km environs de ses sources.

Comme tous les Oueds qui se dirigent vers le Sud, son débit diminue au fur et à mesure que nous nous dirigeons vers le Sud

Les débits maximaux annuels et leur variabilité (Les crues)

La monographie de la SCET cite une crue survenue en 1902 c'est à dire avant la construction du barrage dont l'estimation des débits de pointe est comprise entre 800 et 1500 m³/s.

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

Cette même monographie cite une crue survenue 10 octobre 1966 dont le débit de pointe horaire aurait atteint 1980 m³/s, l'apport moyen journalier de cette crue est estimé à 270 m³/s soit un apport de 23 Hm³.

Enfin, une crue importante est survenue en mars 2004, dont le débit de pointe horaire peut être évalué à 1000 m³/s environs.

La crue du 8 Mai 2000 :

Cette crue est caractérisée par :

Durée de l'averse : 3 heures

Durée de la montée du plan d'eau du barrage : 3 heures

Débit max : 1388 m³/s

Volume de la crue : 15 Hm³

Volume des sédiments charriés : 285138 T

Lecture d'échelle : 6,18 m

Pluie enregistrée en 3 heures : 64,8 mm

Autres crues

1902 : 80 m³/s

La crue du 20 juin 1920 : 330 m³/s

La crue du 11 septembre 1982 : 305 m³/s

Apport annuel : M'Chouneche 18 Hm³

Barrage de Foum El Gherza 23 Hm³

Tableau 26 : les apports liquides annuels

Station hydrométrique	Débit min	Débit max	Moyenne	Apport annuel
Khanguet Sidi Nadji	60 m ³ /S	2050 m ³ /S	485 m ³ /S	31 Hm ³

Les crues récentes du 29-30 Mars 2004 et du 15-16 Avril 2004 et du 3-4 Mai 2006

Les données fournies par l'A.N.B. ont permis de sélectionner un certain nombre de crues et définir leurs caractéristiques Qp, Q24h, il y a lieu de noter que les débits de pointe ne sont pas

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

parfaitement cohérents avec le débit de pointe citées dans le mémoire de fin d'étude cité plus haut et dont les valeurs sont reproduites dans le tableau ci-dessous.

Les figures suivantes, représentent les hydrogrammes des débits de pointe les plus importants.

* On constate d'une façon générale des temps de montée très rapide, des temps de décente également rapides conduisant à des hydrogrammes à peu près symétriques et des durées de crues inférieures à 24 h.

Reconstitution des crues au barrage :

Les figures suivantes représentent les hydrogrammes établit pour la crue de Mars et Avril 2004, la crue la plus importante a eu lieu le 30 mars 2004

Au cours de cette crue, le plan d'eau a atteint la côte 202,55, ce qui correspond à une lame déversant de 3,65m, soit un débit maximal évacué de 570 m³/s. les relevés disponibles de côte du plan d'eau permettent de reconstituer au pas horaire le débit entrant dans le retenue, l'hydro-gramme ainsi reconstitué est présenté sur la figure ci après.

Le débit de pointe entrant est de l'ordre de 1000 m/s, on notera qu'en fin de crue, le débit reconstitué est négatif, ce qui traduit probablement des imprécisions sur les côtes observées.

L'épisode principal de crue est bref, avec un temps de montée de l'ordre de 10 heures est un temps de descente de quelques heures.

Le débit moyen sur 24 h est de 310 m³/s, la figure suivante représente l'hydrogramme reconstitué de la crue survenue les 15 et 16 avril 2004 peu de temps après la crue précédent.

On constate également sur cette crue des épisodes de montée très rapides.

L'imprécision sur les côtes de plan d'eau (particulièrement la nuit) explique sans doute les fluctuations observées, le débit moyen par contre peut être estimé avec une meilleure précision, il est égal sur cet épisode à 285 m³/s.

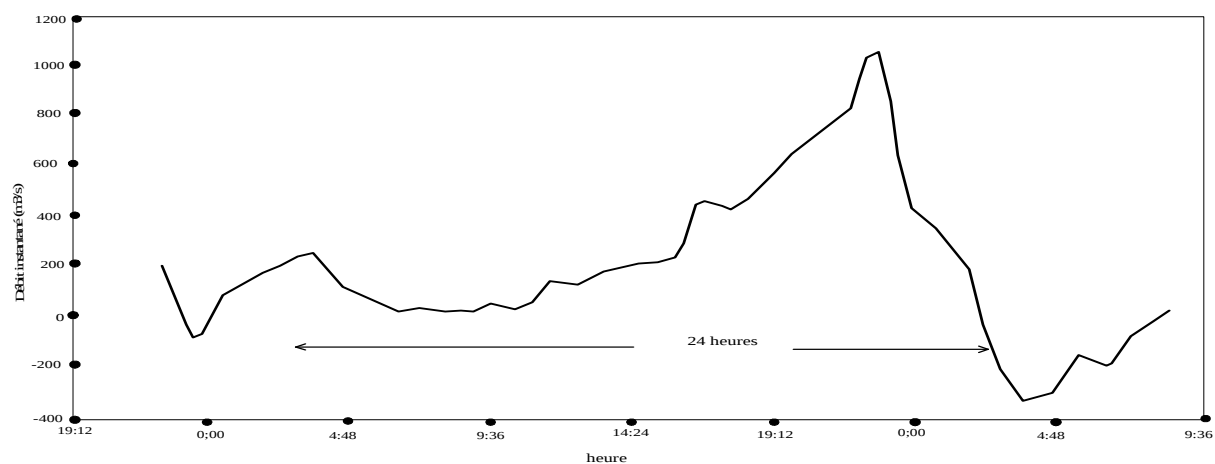


Fig.26. Crue du 29 et 30 Mars 2004

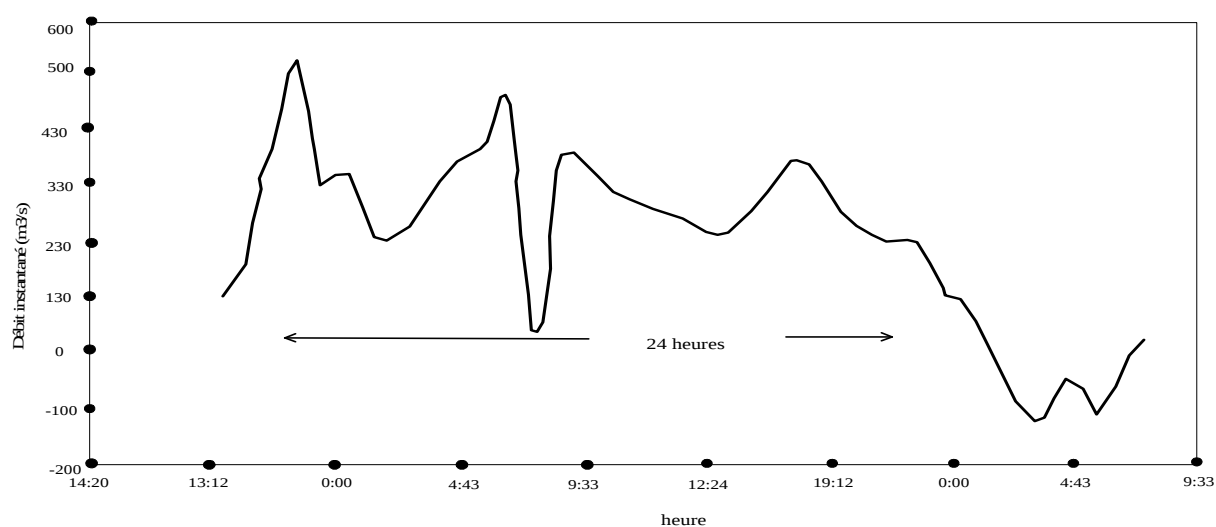


Fig.27. Crue du 15 et 16 Avril 2004

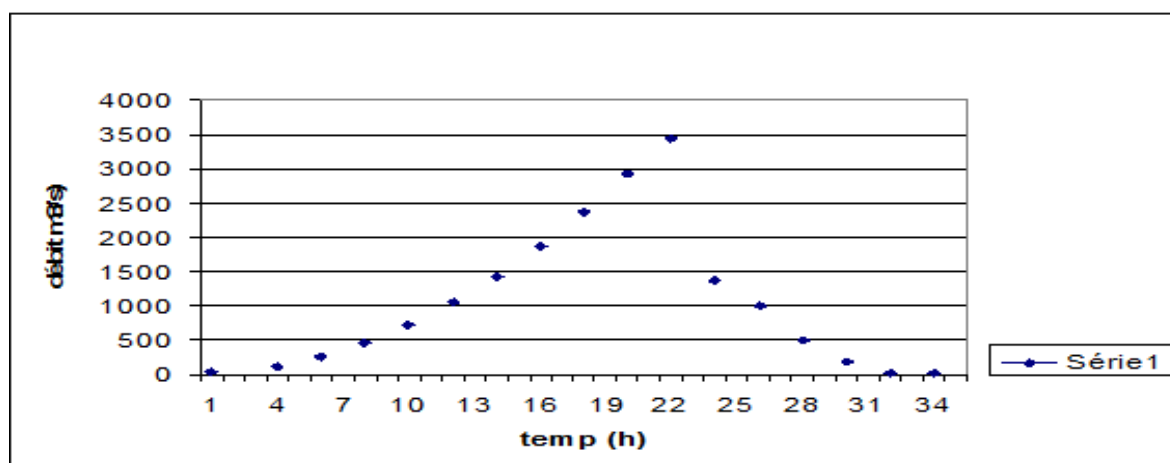


Fig.28. Crue du 03, 04 Mai 2006

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

Hydrogramme de crue de 03-04-05 mai 2006			
Date	Temps réel du crue (h)	Temps de crue (h)	Débit de la crue par (TURRAZ) (m ³ /s)
03 mai 2006	22 00 h	1	29,24
	23 00 h	2	116,99
	24 00 h	3	263,23
04 mai 2006	01 00 h	4	467,96
	02 00 h	5	731,20
	03 00 h	6	1052,92
	04 00 h	7	1433,15
	05 00 h	8	1871,87
	06 00 h	9	2369,09
	07 00 h	10	2924,80
	08 00 h	10,54	3436,81
	09 00 h	12	1367,40
	12 00 h	15	996,47
	17 00 h	20	508,40
	22 00 h	25	183,02
	03 00 h	30	20,33
	08 00 h	35	20,33

Les variations mensuelles des écoulements moyens et maximaux :

Oued El Abiod

C'est l'oued le plus important du massif de l'Aurès. Entre 1950 et 1960, l'apport moyen était de 21,5 Mm³/an. Il est équipé depuis 1950 du barrage de Foug el Gherza, d'une capacité initiale de 47 Mm³. Actuellement, le colmatage par les alluvions limite la capacité du réservoir à 21 Mm³ et ne permettrait plus que d'irriguer quelques centaines d'hectares de céréales et de palmiers, principalement ceux de Sidi Okba.

Le débit moyen annuel de l'oued El Abiod est estimé à 18 Mm³. Il est suivi à la station de M'chouneche, juste en amont du barrage. De 1972 à 1994, le débit moyen a été de 11,7 Mm³ (0,37 m³/s) (tableau 6-11), correspondant à une lame d'eau écoulee de 11 m

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

Tab 27 : les débits annuels d'oued Abiod

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
Moyenne	1	0,36	0,33	0,27	0,42	0,36	0,46	0,49	0,36	0,28	0,08	0,15	0,37
Min	0	0,04	0,01	0,01	0,01	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08
Max	5,64	1,46	1,53	1,18	5,28	1,07	2,04	3,17	1,94	1,12	0,76	1,08	1,25

Sources ANRH ET DHW

Oued El Arab

Il sépare le massif des Aurès de celui des Nemencha. Il permet d'irriguer en permanence une centaine d'hectares (Khanget Sidi Nadji) et au moins 35000 palmiers (Zeribet El Oued). Les crues servent aussi aux cultures céréalières.

La station de Khangat Sidi Nadji à l'aval de l'oued El Arab enregistre les débits depuis 1972. Le débit moyen annuel est de 28 Mm³ (0,89 m³/s) (Tableau 6-12), correspondant à une lame d'eau écoulée de 14 mm.

Tab 28 : les débits annuels d'oued Arab

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
Moyenne	2,12	1,45	0,86	0,24	0,49	0,41	0,49	0,42	0,89	0,84	0,62	0,47	0,89
Min	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,01	0	0	0	0	0,15
Max	12,9	8,85	6,48	1,44	6,02	2,78	2,91	3,23	3,47	5,11	4,45	2,68	2,78

Sources ANRH ET DHW

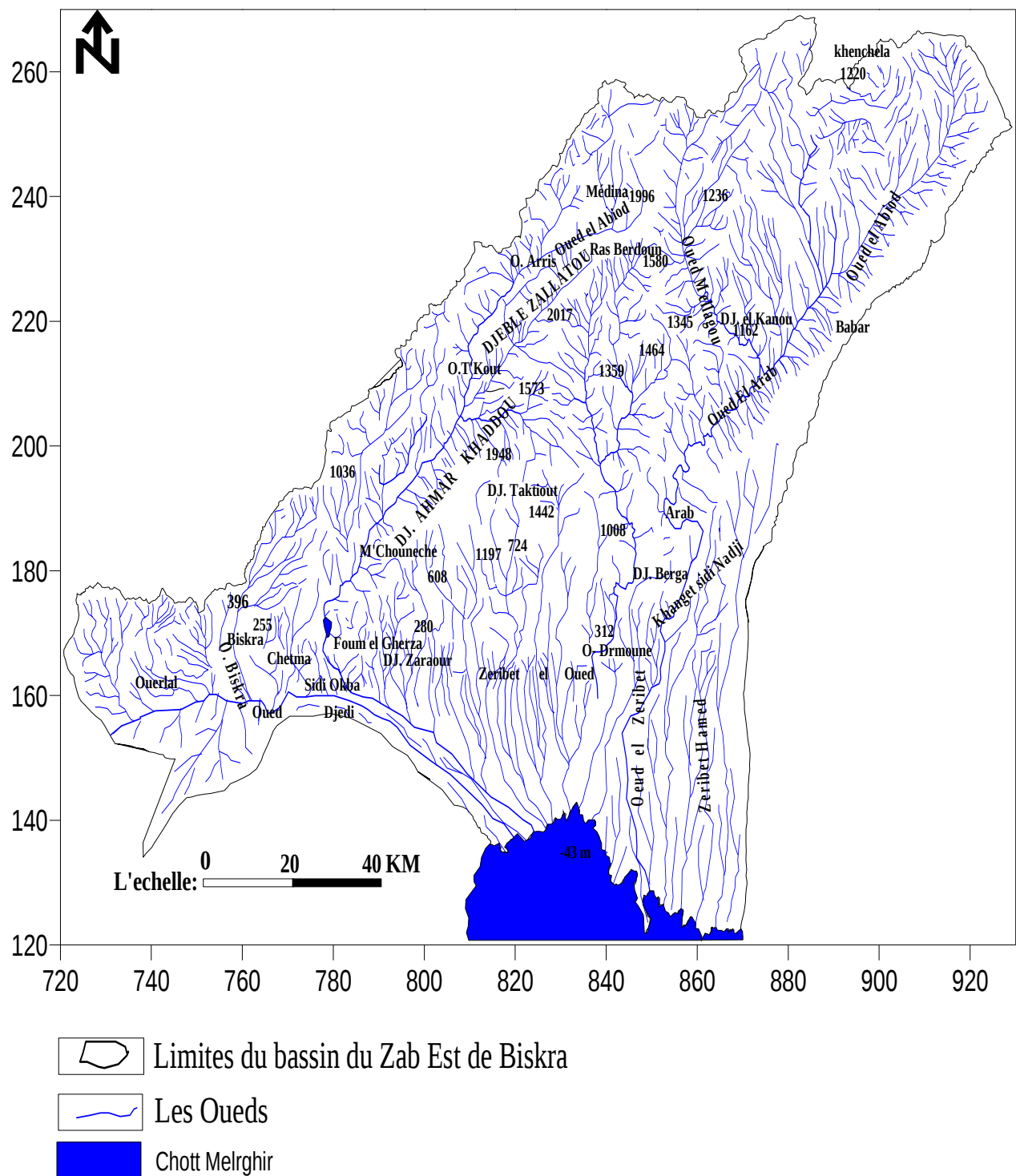


Fig.29. Carte de chevelu hydrographique du Zab Est de Biskra.

CHAPITRE I. LE PORTRAIT DU BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

Conclusion :

L'analyse morphométriques nous permet d'évaluer un certain nombre de paramètres très importants qui doivent être étroitement liés à la nature lithologique des terrains et la topographie du bassin.

Les petits bassins versant du Zab Est de Biskra d'une superficie de 9668.69 km² est caractérisé par : l'exutoire ceci est confirmé par les résultats du temps de concentration qui est de 13.88h

C'est une importante durée pour l'évacuation des crues (problème d'inondation).

L'altitude moyenne est de 384.25m, elle donne une idée sur la morphométrie du bassin relief, plaine...).

Le réseau hydrographique des Aurès est plus au moins dense. Nous n'avons cité que les Oueds permanents ainsi que leur sens d'écoulement qui reste généralement dans deux directions : le Nord et le Sud car le massif forme un bourrelet entre les piémonts.

Nous notons aussi l'importance du débit et la longueur des Oueds qui se déversent dans le Sud et le nanisme de ceux qui sont tournés vers le Nord.

La ligne de partage des eaux, forme un axe, passant exactement par les sommets des Djebels de Ich Ali, Mahmel, Ichmoul et Chélia autrement dit des sommets dépassant les 2000 m d'altitude.

Comme étant l'exutoire de l'ensemble des eaux de surfaces dans le bassin de Melrhir, le chott reçoit les eaux des principaux oueds qui traversent la zone de Zab Est.

CHAPITRE II

LES CARACTERISTIQUES HYDROGEOLOGIQUES

La connaissance de l'hydrogéologie de la région hydrodynamique est très intéressante car elle permet d'envisager les échanges souterrains qui peuvent se produire dans les aquifère. En se basant sur la description géologique des terrains ainsi que sur les caractéristiques hydrogéologiques de chaque formation.

I. IDENTIFICATION DES DIFFERENTES NAPPES

Les limites de la carte hydrogéologique des Ziban (carte établie par INRH, 1981) ne correspondent pas, dans leur ensemble, aux limites du Bassin hydrogéologique. Celui-ci englobe, la vallée de l'Oued Djedi, la région de Biskra et la cuvette d'El Outaya. Les unités aquifères, qui seront étudiées par la suite, ont une grande extension et débordent très largement le cadre de cette carte. La lithologie et les considérations hydrodynamiques permettent d'individualiser quatre (04) unités aquifères principales et sont respectivement :

Nappe phréatique du Quaternaire.

Nappe des calcaires de l'Eocène inférieur et du Sénonien (CT)

Et nappe des grès du continental Intercalaire (CI).

1- Les nappes phréatiques

Répartition spatiale : les nappes phréatiques sont traditionnellement exploitées dans les Zibans, peut être même sont elles à l'origine de certains palmiers qui étaient alimentés, soit directement grâce à des trous (sources) soit indirectement par des puits traditionnels.

Outre les eaux écoulées par les oueds atlasiques celles issues du drainage des palmeraies et celles qui, profitant de la faible étanchéité des toits ou des forages mal réalisés percolent depuis l'Eocène à travers les formations du continental terminal. La nappe phréatique est localisée généralement dans les alluvions des Oueds, les plus importantes étant celles d'Oued Biskra, en amont de la ville et celle d'Oued Djedi.

La nappe des alluvions d'Oued Biskra : cette nappe qui se localise généralement dans les accumulations alluvionnaires, elle est alimentée essentiellement par les eaux d'infiltration des Oueds (inféro-flux). Les plus importantes dans la région de Biskra, sont celles de l'Oued Biskra et de l'Oued Djedi.

CHAPITRE II. LES CARACTERISTIQUES HYDROGEOLOGIQUES

Cette nappe qui présente l'unique ressources des régions de Ouled Djellal, Sidi Khaled et la ville de Biskra, est trop sollicitée vue sa faible profondeur et sa bonne qualité chimique, pour être raison qu'elle est utilisée pour l'alimentation en eau potable.

La profondeur de cette nappe est comprise entre 20 et 150 m avec un débit oscillant entre 05 et 20 l/s et une qualité chimique qui se situe de bonne à mauvaise selon les zones.

Le quaternaire se subdivise dans la région en trois niveaux différents ; les alluvions anciennes, qui sont constituées de galets et des formations conglomératiques plaquées aux pieds des versants calcaires miocènes, limitent toutes la dépression des Zibans.

Les alluvions des moyennes terrasses d'Oued Biskra dont l'extension est importante, sont formées d'un assemblage de cailloutis, graviers et sables occupent une altitude inférieure à celle des anciennes alluvions.

Enfin, les alluvions récentes qui forment les basses terrasses d'Oued Biskra ; elles présentent un intérêt agricole et hydrogéologique régional important ; elles sont constituées de gros galets, graviers et sables résultant de l'érosion par ruissellement sur les massifs calcaires et dunaires limitrophes. Ces matériaux, favorables à la formation des nappes d'eau phréatique, permettent d'importants prélèvements pour l'alimentation en eau potable de la ville de Biskra. Les limites géographiques de la nappe se rapportent au remblaiement actuel des terrasses des oueds, en effet ces limites sont beaucoup plus basses que cette bordure. L'extension verticale de la nappe peut atteindre parfois 40m, où l'on rencontre des grandes lentilles d'argiles quaternaires marquant le substratum local de la nappe. Mais cette hypothèse du substratum et encore une discussion du fait qu'on passe directement parfois sur des niveaux de calcaires compacts. En général le mur est atteint à 40 mètres quelque soit sa nature, calcaire ou argile.

La surface piézométrique se trouve à 3 mètres en moyenne sous le niveau du sol par contre; elle peut baisser plus profondément en période sèche, vu le grande pompage par forage et l'intensité de l'évaporation superficielle.

L'alimentation de la nappe des alluvions de l'oued Biskra semble provenir de deux origines différentes :

CHAPITRE II. LES CARACTERISTIQUES HYDROGEOLOGIQUES

Les précipitations :

Cette alimentation superficielle est importante dans cette région où l'on enregistre entre 150 et 200 mm /an. A cela s'ajoutent les apports considérables amenés en amont par l'oued qui traverse la couverture limoneuse peu épaisse et s'infiltré pour atteindre la nappe phréatique.

Alimentation souterraine :

Le long des couches calcaires sous-jacentes, lors du gonflement de la nappe des calcaires, il y a des échanges souterrains (relation hydraulique souterraine réciproque).

2-Les nappes profondes

D'un point de vue hydrogéologique, on regroupe sous le terme de réservoir toutes les formations continentales les plus récentes, déposées au Sahara, qui sont d'âge Tertiaire et Quaternaire. Au Bas - Sahara, on regroupe la nappe des calcaires de l'Eocène et du Sénonien et même celle du continental intercalaire sous le nom de "complexe terminal".

Nappe des sables : constituée par une alternance de niveaux d'Argile, Sable, et Cailloutis d'âge Mio-pliocène, elle couvre une grande superficie de la wilaya. Cette nappe est fortement exploitée dans la partie Est de la région de Biskra et surtout dans la zone de M'Zirâa.

Les formations aquifères reposent en discordance sur les formations calcaro- marneuses de l'Eocène moyen et inférieur. Cet ensemble aquifère est recouvert de dépôts alluvionnaires peu épais, de croûtes gypseuses et de sables. En ce qui concerne le système hydraulique, la nappe des sables est très hétérogène, elle est constituée le plus souvent de couches aquifères de divers perméabilités et épaisseurs.

Du point de vue hydrodynamique cette nappe présente un système très hétérogène car elle est constituée par des couches de diverses perméabilités. La profondeur de cette nappe varie de 100 à 300 m, avec un débit moyen de 15 l/s

Les forages qui ont été réalisés dans la région ne captent généralement qu'une partie seulement de ces couches, les plus perméables et souvent, les moins profondes. Il est donc, évident qu'une différence existe entre la transmissivité horizontale, obtenue à partir d'un essai de pompage de longue durée et la transmissivité totale de l'ensemble aquifère.

La surface piézométrique de la nappe des sables est presque partout en charge à l'intérieur de la limite d'extension des argiles, elle est donc jaillissante au centre de la région et libre sur les bordures.

CHAPITRE II. LES CARACTERISTIQUES HYDROGEOLOGIQUES

A l'Est de Biskra (Zab Est) cette nappe se subdivise en deux aquifères séparés par une épaisse couche d'argile et d'argile sableuse, l'un profond désigné sous le nom du Pontien et l'autre moyennement profond qui est la nappe du Mio-pliocène connue dans cette région, le sens d'écoulement principale de la nappe des sables se dirige vers la zone de Chott Melrhir.

La nappe profonde du continental intercalaire : la nappe du continental intercalaire est souvent appelée « albienne » formée dans des terrains, en grande partie gréseux, dont les limites stratigraphiques varient selon les régions.

C'est un réservoir très important constitué essentiellement de Grés et de marne d'âge Albien et Barrémien. Son exploitation est très coûteuse en raison de sa profondeur qui dépasse 2000m, la température de l'eau peut dépasser les 60° C. Cette nappe est exploitée dans la région de Biskra par 19 forages.

Cette nappe est représentée également dans la région de Biskra par des sources hydrothermales qui sont: la source de Hammam Essalhine dans la commune de Biskra et celle de Sidi El Hadj dans la commune d'El-Outaya.

L'extension géographique de la formation aquifère dépasse beaucoup, en effet, la dépression du Bas Sahara. Elle est limitée à l'Ouest par la vallée de l'oued Saoura -Messaoud, au sud par une ligne Est- Ouest, Reggane - Fort Flaiters, au Nord par l'Atlas Saharien, à l'Est elle s'étend depuis le Sud tunisien jusqu'au Sud - Ouest Lybien.

Déposé sur le vieux socle africain, le continental intercalaire a échappé à toute tectonique violente, mais des mouvements de grande amplitude ont pourtant déformé l'ensemble des couches post-hercyniennes. Il en résulte, en premier lieu un mouvement synclinal de faible pendage d'axe Sud-ouest et Nord-est.

Dans l'atlas Saharien les niveaux continentaux du Crétacé inférieur occupent généralement les synclinaux à fond plat, et correspondent aux dépressions topographiques favorisant l'infiltration à travers les couches.

L'alimentation actuelle se poursuit sur les marges d'affleurements :

- réseau hydrographique de l'atlas saharien
- pluies retenues par le grand Erg occidental.

CHAPITRE II. LES CARACTERISTIQUES HYDROGEOLOGIQUES

Le sens d'écoulement est généralement Nord-Sud, mais la cuvette de Taoudeni au Sud de Reggane et la nappe côtière tunisienne fonctionnent comme des exutoires naturels et déterminent des écoulements vers l'Est et vers l'Ouest.

La nappe des calcaires éocènes inférieurs : la nappe concernée est localisée dans les calcaires marins de l'éocène inférieur, qui sont relayés latéralement par les calcaires du Crétacé supérieur.

Au Nord du Bas – Sahara, les calcaires aquifères du Sénonien et de l'Eocène se relèvent dans les contreforts de l'atlas, où ils affleurent largement.

Cette nappe est constituée essentiellement de calcaires fissurés d'âge Eocène inférieur, elle est la plus sollicitée dans les palmeraies des Zibans, cette dernière est appelée « Nappe de Tolga ». La profondeur de cette nappe varie de 100 m dans la zone de Tolga à 500 m dans la zone de Lioua, le débit de cette nappe varie de 10 l/s par pompage jusqu'à 30 l/s jaillissant dans les zones d'Ourelal et Lioua

Les différents sondages réalisés dans cette région montrent qu'il existe un contact hydraulique entre la nappe de l'Eocène inférieur et celle du Sénonien Supérieur sous-jacente, est par fois elle se sépare par une mince couche de marne et de marno-calcaire dans la zone d'Oumache et M'lili où la profondeur atteint 100 m.

Au Nord et au Nord Est de la Biskra cette nappe est représentée par un aquifère très important qui est le Maestrichtien et le Campanien d'une profondeur comprise entre 200 et 900m et d'une bonne qualité chimique d'eau. On note par ailleurs l'existence de la nappe du Turonien qui n'est pas exploitée.

Les calcaires turoniens, tantôt affleurant, tantôt situés près du sol à la faveur des anticlinaux isolés, drainent eux aussi, grâce à leur fissures, une partie de la nappe, il donne ainsi plusieurs sources au pied des Aurès (source de Chetma), ou sur le flanc méridional du Dj Bou Rhezal (sources de Ain Ben Naoui et Bouchegroune) à l'Ouest de Biskra.

Le recouvrement des calcaires est constitué, soit par des formations argilo sableuses du Mio-Pliocène, soit par les marnes à anhydrite de l'Eocène moyen.

CHAPITRE II. LES CARACTERISTIQUES HYDROGEOLOGIQUES

Ces formations imperméables contribuent à la mise en charge de la nappe des calcaires, qui est captive et artésienne sur une partie de son étendue. Ces calcaires sont parfois bien fissurés, tant par les contraintes tectoniques, que par les eaux atmosphériques. Ils constituent un excellent réservoir pour l'eau et présentent une bonne perméabilité.

II. L'INVENTAIRE DES POINTS D'EAU

Les forages qui ont été recensés au niveau de la plaine alluviale du Zab Est, n'exploitent que les eaux de la nappe de Moi-Pliocène. Les puits sont peu profonds, et ont été creusés dans les formations du Moi-Pliocène, ils sont utilisés pour l'alimentation en eau potable (AEP) et l'irrigation des terres agricoles. La profondeur des forages dépasse 70 m à 900 m. A partir des données recueillies de la DHW de Skikda et l'ANRH de Constantine, nous avons matérialisé l'ensemble des points d'eau (puits et forages) sur la carte d'inventaire (fig. 30).

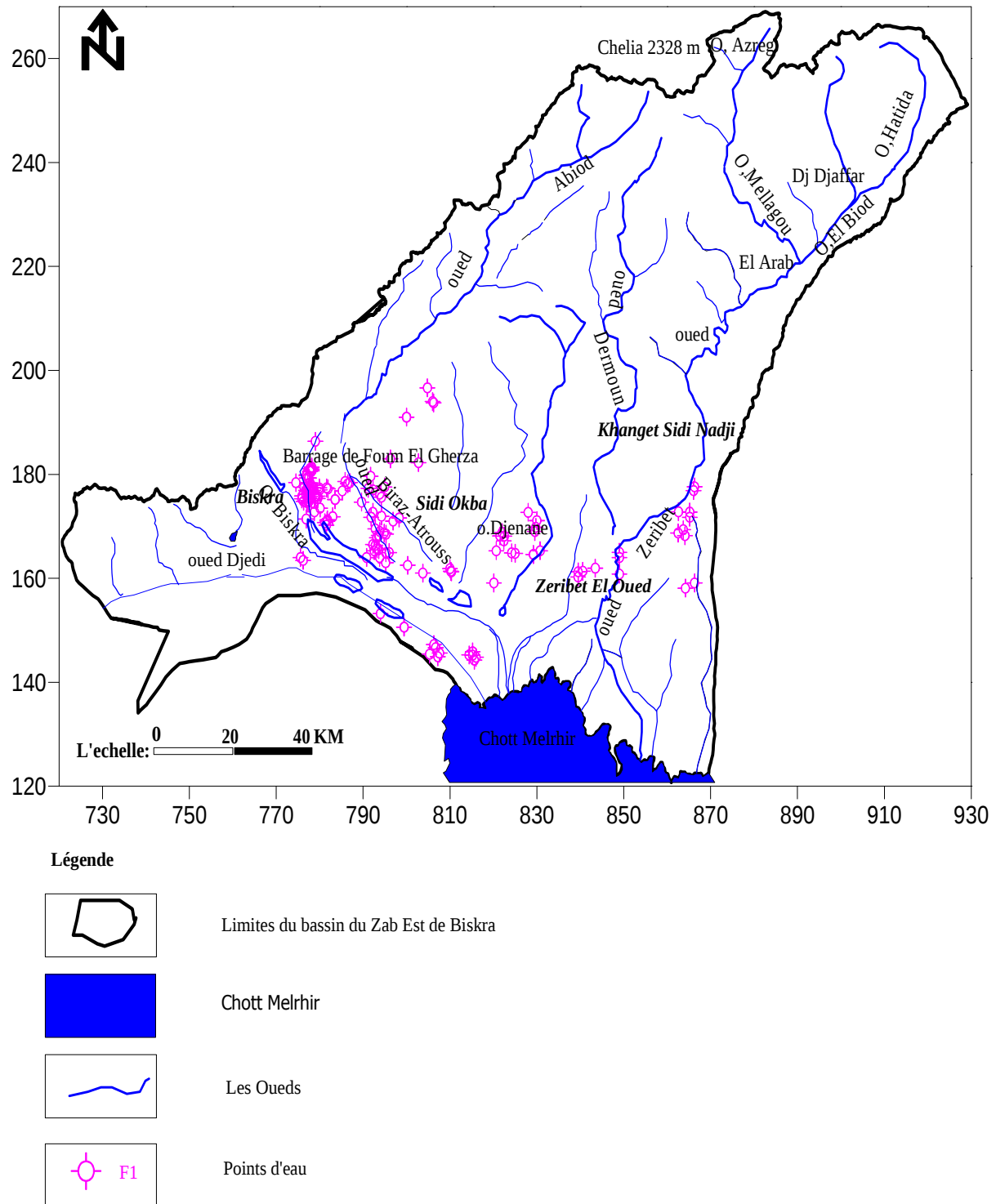


Fig.30. Carte d'inventaire des points d'eau de la plaine alluviale du Zab Est de Biskra Mai 2008.

III. LA PIEZOMETRIE

Les mesures piézométriques réalisées au mois de Mai 2008 par la DHW et l'ANRH de Biskra, nous ont permis de dresser la carte piézométrique (Fig.31) pour bien visualiser l'écoulement des eaux souterraines de la plaine du Zab Est de Biskra. L'écoulement dans son ensemble se fait du Nord vers le Sud de la plaine, avec quelques particularités.

Des courbes piézométriques très serrés dans la partie Nord-Ouest, ceci traduit un gradient hydraulique fort, dû à la topographie. Les courbes iso-pièzes sont espacées au centre de la plaine (Nord-est et Sud), avec un gradient hydraulique très faible indiquant un écoulement lent dû à la topographie plane de la région (pente faible ne dépasse pas les 3%). Les lignes de courant pour l'ensemble de la plaine sont dirigées vers la zone de dépression située au Sud-est de la région d'étude, il s'agit en fait de zone de chott à altimétrie négative (atteignant par endroits -40 m) ; cette zone constitue le point de convergence et d'exécutoire naturel de la majorité des grands oueds qui drainent la zone de Zab Est.

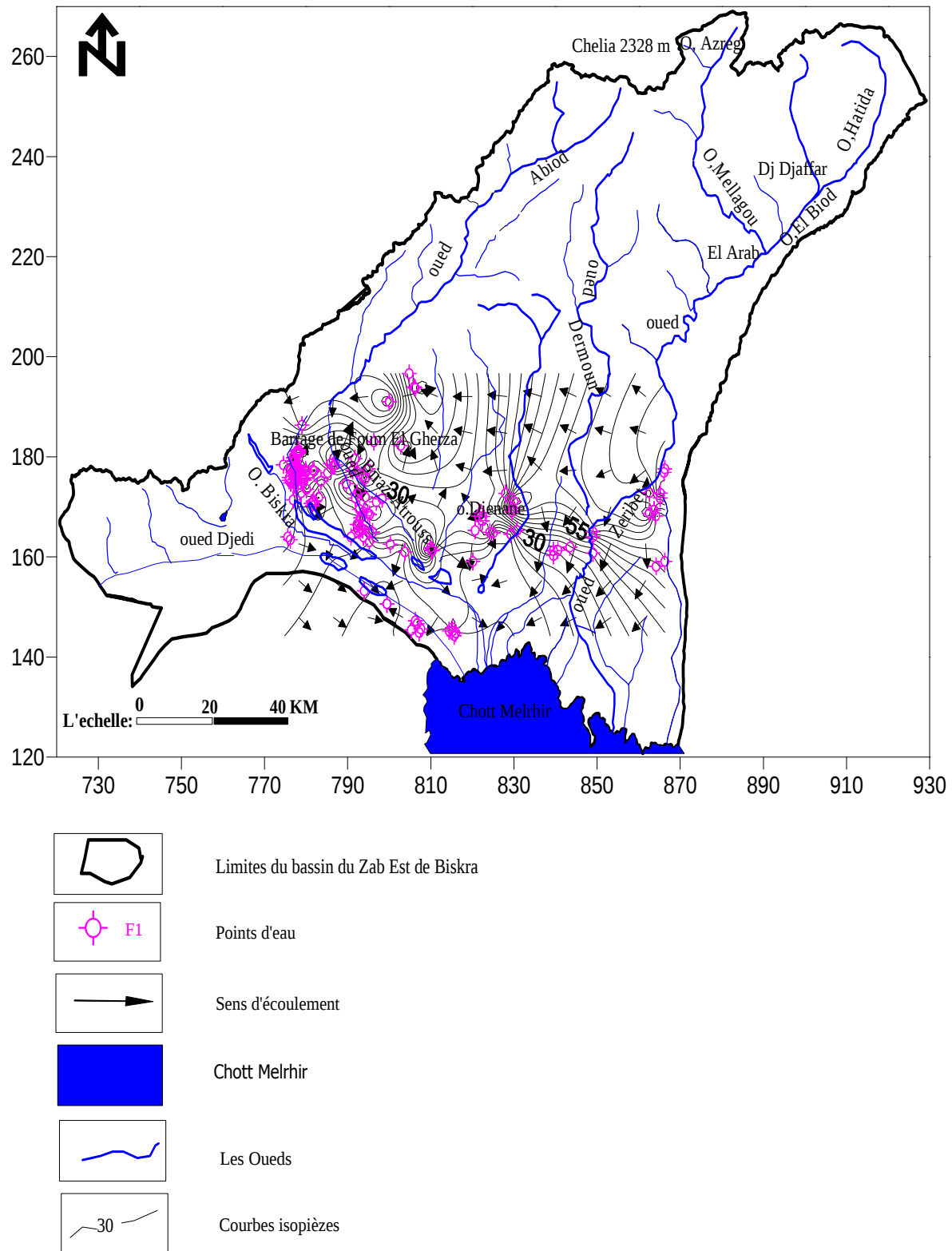


Fig.31. Carte piézométrique de la nappe Méo-Pliocène du Zab Est de Biskra Mai 2008
(D'après ANRH, Biskra)

Conclusion :

Le tableau 29 synthétisé les unités stratigraphiques et lithologiques et indiquant les unités hydrogéologiques correspondantes. Les principaux aquifères sont contenus dans deux grands complexes sédimentaires : le Continental Intercalaire et le Complexe Terminal. Le CI regroupe les formations continentales du Barrémien et de l'Albien. Dans la région de Biskra le CI se situe à une profondeur de plus de 2000m et a une épaisseur d'environ 500m. Le CT est constitué d'une nappe de calcaire contenue dans les formations Sénon-éocènes et de nappes à matériel continental appartenant à l'étage Mio-Pli quaternaire. L'écoulement général des deux systèmes se fait des zones d'alimentation situées dans l'Atlas saharien (en grande partie oriental) vers la zone des chotts tunisiens. La nappe des calcaires Eocène inférieure semble être un excellent réservoir d'eau où les calcaires fissurés semblent présentés une bonne perméabilité.

CHAPITRE II. LES CARACTERISTIQUES HYDROGEOLOGIQUES

Tab.29. Synthèse géologique et hydrogéologique (D'après ENAGEO)

Unités stratigraphiques	Unités lithologiques	Unités litho stratigraphiques	Unités hydrogéologiques		
Moi-pliocène	Alternance d’argile et sables	Continental terminal	Nappe de sables et galets	Nappes du complexe terminal (sens strict)	Nappe du complexe terminal (Sens large)
Eocène moyen	Argiles gypseuses	Eocène argilo-évaporitiques	Semi perméable		
Eocène inférieur	Calcaires (Argiles)	Eocène carbonaté	Nappe des calcaires (Karst)		
Cénomanién supérieur Mæstrichtien – Campanien	Calcaires	Sénonien carbonaté			
Sénonanién inférieur	Argiles et évaporites	Sénonien lagunaire	Imperméable		
Turonien	Calcaires dolomitiques et dolomie	Turonien carbonaté	Nappe du turonien (Karst)		
Sénonanién	Argiles, Marnes, Marno-calcaires et gypses	Sénonien argilo-évaporitiques	Imperméable		
Albien	Calcaires et marnes	Albien carbonaté	Nappes du continental intercalaires		
	Grès et argiles	Albien argilo gréseux			
Aptien	Grès, Argiles, Dolomies	Aptien grésio-dolomitique			
Barrémien	Grès et passées d’argiles	Barrémien gréseux			

CHAPITRE III. LES RESSOURCES EN EAUX ET QUALITE

Nous avons mis en relief dans la première partie les conditions naturelles qui caractérisent les Zibans, à travers notamment un climat aride.

Il serait ici intéressant de faire une tentative d'évaluation des ressources potentielles en eau et des besoins, qui constituent la deuxième partie de notre travail.

Tout le développement de la région passe par l'extension et la rationalisation de ses activités, ce qui exige une maîtrise des problèmes de l'eau. Dans cette région du Nord Sahara l'eau est le facteur limitant du développement économique et surtout de l'activité agricole. C'est pourquoi il est fondamental de connaître et de maîtriser parfaitement ce facteur. L'étude de l'évolution des ressources souterraines a été réalisée auparavant, grâce aux travaux concernant les nappes aquifères de la région.

Les Zibans font partie d'un immense bassin sédimentaire qui est le Bas-Sahara. Ce bassin est particulièrement bien doté en formations perméables autorisant la circulation souterraine des eaux. Les unes, surmontées de terrains imperméables, permettent l'existence des nappes captives, tandis que les autres, situées au sommet des dépôts, sans couverture étanche, peuvent receler des nappes phréatiques.

Les eaux souterraines appartiennent donc, à un bassin hydrogéologique complexe dont les principaux éléments sont constitués par quatre ensembles aquifères superposés :

Nappe phréatique superficielle des alluvions

Nappe des sables du Moi-Pliocène

Nappe des calcaires de l'Eocène inférieur

Nappe profonde des grès du continental intercalaire dit nappe albienne.

Les deux Oueds de la région sont les principaux affluents d'oued Biskra, dont les apports sont issus de la zone Nord des Zibans ; autrement dit, des versants sud des Aurès, qui s'écoulent vers la cuvette du Chott Melrhir. Ces apports illustrent dans un sens l'importance de la lame d'eau reçue, en plus de son impluvium propre à la région des Zibans, qui va alimenter les réservoirs souterrains.

I. LES EAUX DE SURFACE

Les ressources en eau représentent l'une des principales richesses sur lesquelles repose toute action de développement économique et social. Les ressources superficielles en eau sont omniprésentes dans notre région et sont alimentées par les principaux oueds à savoir : oued Djedi, oued Biskra, oued El Arab, oued El Abiod etc.... qui se caractérisent par un écoulement intermittent. Lors des crues, ces oueds se jettent dans le chott Melrhir et ce par manque d'infrastructures destinées à la mobilisation de ces ressources (barrage retenues collinaires) entraînant une grande perte pour une meilleure utilisation de cet élément essentiel à toute activité.

A l'image d'un climat capricieux d'eaux alimentant les Zibans ont un écoulement périodique très irrégulier. Les oueds les plus importants prennent naissance dans les Aurès (versant Sud), où les précipitations sont de l'ordre de 400 mm à 500 mm/an et plus. L'irrégularité des écoulements des oueds, accentuée par la faiblesse d'un équipement hydrométrique, rend extrêmement difficile la quantification des écoulements à différents niveaux des oueds.

En effet, les moyens dont nous disposons sont malheureusement très limités. Citerons en exemple la faiblesse et l'absence totale de relevés hydrométrique. Notamment sur les oueds Biskra et Djedi, Abiod et Oued El Arab, nécessaire à toute étude d'hydrologie. Les données obtenues le sont grâce aux stations situées en amont sur l'oued. Mais elles seront évidemment loin d'être précises. Ceux-ci constituent une approche des ressources disponibles. Ces oueds présentent un intérêt majeur pour l'alimentation des nappes phréatiques des Zibans.

1-Les Oueds :

Les petits bassins sont drainés par un chevelu hydrographique constitué par un réseau d'oueds d'une longueur de 37821 Km, qui coulent uniquement lors des pluies importantes. L'organisation de ce réseau hydrographique est parfaitement conforme à l'agencement des ensembles morpho- structuraux. Il existe toutefois des cas d'inadaptation où le réseau hydrographique suit une direction contraire à l'alignement des reliefs, à l'exemple de l'oued Messaad, lorsque celui-ci traverse les derniers reliefs gréseux du piémont Sud et de l'oued M'zi, lorsqu'il traverse le Djebel Lazreg, grâce à des accidents qui fractionnent ce massif à l'Est.

Oued El Abiod

C'est l'oued le plus important du massif de l'Aurès. Entre 1950 et 1960, l'apport moyen était de 21,5 Mm³/an. Il est équipé depuis 1950 du barrage de Foug el Gherza, d'une capacité initiale de 47 Mm³. Actuellement, le colmatage par les alluvions limite la capacité du réservoir à 21 Mm³ et ne permettrait plus que d'irriguer quelques centaines d'hectares de céréales et de palmiers, principalement ceux de Sidi Okba.

Le débit moyen annuel de l'oued El Abiod est estimé à 18 Mm³/an. Il est suivi à la station de M'Chouneche, juste en amont du barrage. De 1972 à 1994, le débit moyen a été de 11,7 Mm³/an (0,37 m³/s) (tableau 6-11), correspondant à une lame d'eau écoulée de 11 mm.

Oued El Arab

Il sépare le massif des Aurès de celui des Néméncha. Il permet d'irriguer en permanence une centaine d'hectares (Khanget Sidi Nadji) et au moins 35000 palmiers (Zeribet El Oued). Les crues servent aussi aux cultures céréalières.

La station de Khangat Sidi Nadji à l'aval de l'oued El Arab enregistre les débits depuis 1972. Le débit moyen annuel est de 31 Mm³ (0,89 m³/s) (Tab.17), correspondant à une lame d'eau écoulée de 14 mm.

Oued Biskra

Limité à Biskra, ce sous bassin couvre une superficie de 2800 km², dont la presque totalité appartient au domaine des versants ruisselants. L'O. Biskra est formé par la réunion des deux grands oueds El Haï et Branis. Nous avons considéré le premier comme représentant l'artère maîtresse supérieure, le second comme un affluent. Dans cette hypothèse, l'O. Biskra prend sa source dans la région de Zgag (Aurès occidental), par 2000 m d'altitude. Il se jette dans le Melhrir, à 25 m en-dessous du niveau de la mer, après un parcours de 194 km environ. Son profil, à pente très forte jusqu'à El Kantara, est celui d'un oued relativement jeune. Au cours de la période 1938-1951, 43 mois de crues ont été observés à Biskra, soit en moyenne, près de 4 par an.

Tab.30. les apports des oueds de la région des Zab Est de Biskra

Oueds	Longueur Km	Apport interannuel (m ³ /an)
Oued Djedi	92	32,70
Oued El Arab	112	31
Oued El Abiod	80	11,20
Oued Biskra	57	6,05

2-Les barrages

Le barrage de Foum El Gherza

Le barrage de Foum El Gherza est situé à 18 km à l'Est de la ville de Biskra et à environ 600 km au Sud-est d'Alger. Il permet l'irrigation des palmiers de Sidi Okba au Sud- Ouest de Seriana au Nord, et de Thouda.

Les principales caractéristiques du barrage sont :

- barrage voûte,
- hauteur du barrage : 75m,

Réalisé en 1952 avec une capacité 47 Hm³, il régularise 13 Mm³ par an des apports du bassin de Oued El Abiod (1300 Km²). Il reçoit en moyenne un volume de 22 Mm³ par an. Le taux d'envasement, assez fort, 450000 m³ par an, a réduit la capacité à près de 17 Mm³ en 2003, tandis que l'évaporation (2482 mm) fait perdre chaque année près de 5 Mm³ par an.

Le barrage de Babar :

Le barrage a été réalisé pour les besoins de l'irrigation de la région. Il régularise 12 millions de m³ par an des apports des affluents amont de oued El Arab, principalement des talwegs descendant des hauteurs des Némencha, tel que oued Tamgra au sud. La capacité de stockage est de 41 millions de m³.

II. LES EAUX SOUTERRAINES

La région de Biskra présente des ressources en eau souterraines importantes, représentées en plus de la nappe phréatique du quaternaire par deux systèmes aquifères, qui sont le complexe terminale et le continental intercalaire. Dans les pays en voie de développement à climat aride, le rôle des eaux souterraines est d'autant plus important qu'elles constituent souvent la seule source d'approvisionnement en eau potable et sont donc vitales pour le développement de ces pays (TRAVI, 1993).

Pour le Sahara Septentrional Algérien, l'essentiel des ressources est constitué par les eaux souterraines. Ces dernières, contenues dans les formations continentales du continental intercalaire (C.I) et du complexe terminal (C.T) constituent l'un des plus vastes réservoirs hydrauliques du monde (BEL et CUCHE, 1970 ; CDTN, 1992), dont les potentialités mobilisables sont estimés à 5 milliards de mètres cube d'eau (ANRH). Les conditions lithologiques, hydrodynamiques et hydro-chimiques sont variées, notamment dans la partie Est de la région, et confèrent de ce fait un intérêt particulier à ces nappes (ERESS, 1972). Par ailleurs, diverses études entreprises depuis une trentaine d'années, ont montré que les eaux de cette région sont caractérisées par une minéralisation totale excessive, le plus souvent associées à une dureté élevée et des concentrations élevées en fluorures (ACHOUR, 1990 ; AZOUT et ABRAHAM, 1978 ; PINET et al ., 1961).

1 Les nappes aquifères

Nappe de Quaternaire : cette formation est constituée par des dépôts alluvionnaires qui renferment une nappe phréatique de faible profondeur, de faible débit et mauvaise qualité d'eau à l'exception de la nappe d'oued Biskra.

Nappe de Mio-pliocène : c'est la nappe la plus sollicitée dans cette zone. Elle se caractérise par une profondeur moyenne de l'ordre 400 m, d'un débit de 15 l/s et d'une qualité chimique moyenne à bonne.

Nappe de Pontien : c'est un aquifère important, exploité dans la partie Sud de la zone, il se caractérise par une profondeur qui va jusqu'à 900 m, d'un débit moyen de 30 l/s et d'une qualité chimique moyenne.

CHAPITRE III. LES RESSOURCES EN EAUX ET QUALITE

Nappe de Maestrichtien : cette formation est exploitée dans les zones montagneuses à une profondeur moyenne de 300 m, cet aquifère présente un débit de l'ordre de 20 l/s et une bonne qualité chimique de l'eau.

Nappe de l'Albien (Barrémien) : cette nappe exploitée principalement dans la ville de Biskra et la commune d'Ourelal, la profondeur dépasse le 2500 m.

Nappe d'Eocène inférieur : cette formation est exploitée dans la partie Nord et Nord-ouest de la région d'étude, il se caractérise par un débit moyen de 20 l/s avec une profondeur varie entre 90 à 500 m et une qualité d'eau moyenne.

Nappe de Sénonien : il est séparé de l'éocène inférieur au sud de la région de Biskra (Oumeche et M'lili) par une épaisse couche de marne argile, où il atteint la profondeur de 1000 m, il se caractérise par un débit jaillissant de 25 l/s et d'une qualité chimique de l'eau moyenne.

2. Le volume d'eau exploité dans la région du Zab est par Daïra et par nappe:

Le tableau ci-après illustre la répartition des volumes d'eau exploités (en Hm^3/an), des différentes nappes à travers la zone du Zab Est.

Tab.31. Le volume d'eau par nappe dans la région de Zab Est.

Nappes	Quater	Mioplio	Pontien	Eocène	Séno	Maestri	Albien
Zeribet El Oued	/	64,49	1,75	/	/	0,20	/
Sidi Okba	/	121,10	4,94	/	/	6,99	/
Ourelal	/	33,27	/	4,29	15,81		4,66
M'Chouneche	/	0,51	/			2,99	
Biskra	5,00	12,48	/	7,46	0,13		1,08
Total Nappe (en Hm^3/an)	5,00	231,85	6,69	11,75	15,94	10,18	5,74
Total de la zone d'étude (en Hm^3/an)	287,16						

L'histogramme ci-dessous indique que la grande partie de la ressource est exploitée à partir de la nappe du Moi-pliocène surtout dans les commune de Sidi Okba, Zeribet El Oued et Ourelal) vue le nombre important des points d'eau en services.

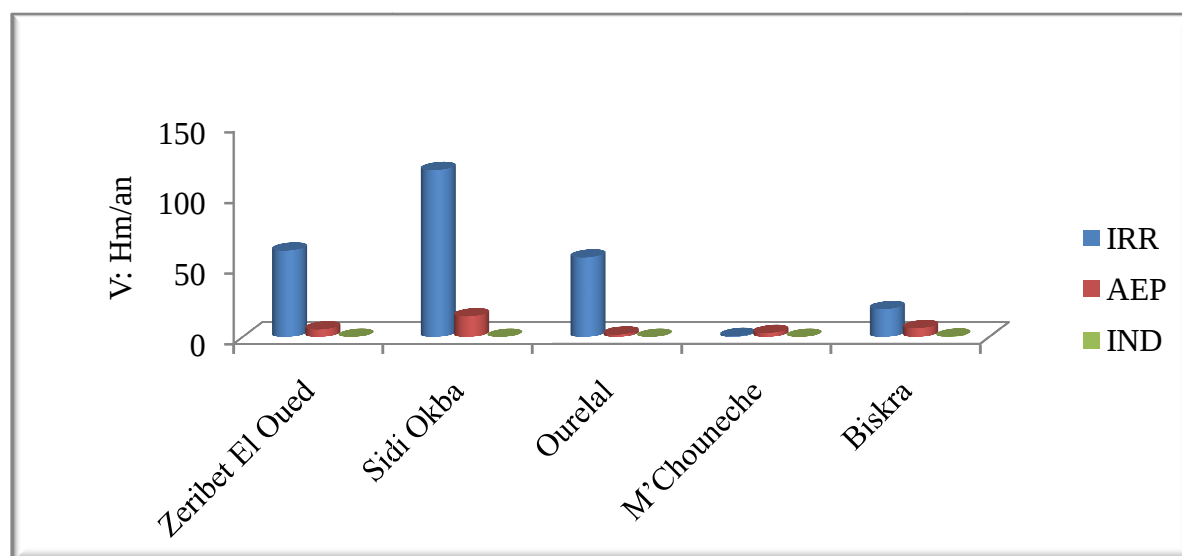


Fig.32. Le volume d'eau exploité par nappe et par daïras dans la région d'étude

Le volume d'eau souterraine mobilisable dans la région du Zab Est.

Sur la base de l'inventaire actuellement réalisé, il a été constaté qu'un nombre important de forages sont à l'arrêt (AEP, IRR et IND) et ce pour des causes technico-financières. Pour cela il a été nécessaire tout d'abord de ressortir ce nombre, afin d'évaluer le volume mobilisable pour chaque nappe.

Le tableau ci-après illustre la répartition des volumes d'eau exploité (en Hm³/an), des différentes nappes à travers la zone du Zab Est.

Tab.32. Le volume d'eau non exploité par nappe dans la région du Zab Est.

Nappe	Quater	Mioplio	Pontien	Eocène	Séno	Maestri	Albien	Total
Vol. exploitable (en Hm ³ /an)	4,46	23,74	4,67	2	3	3,47	0	41,34

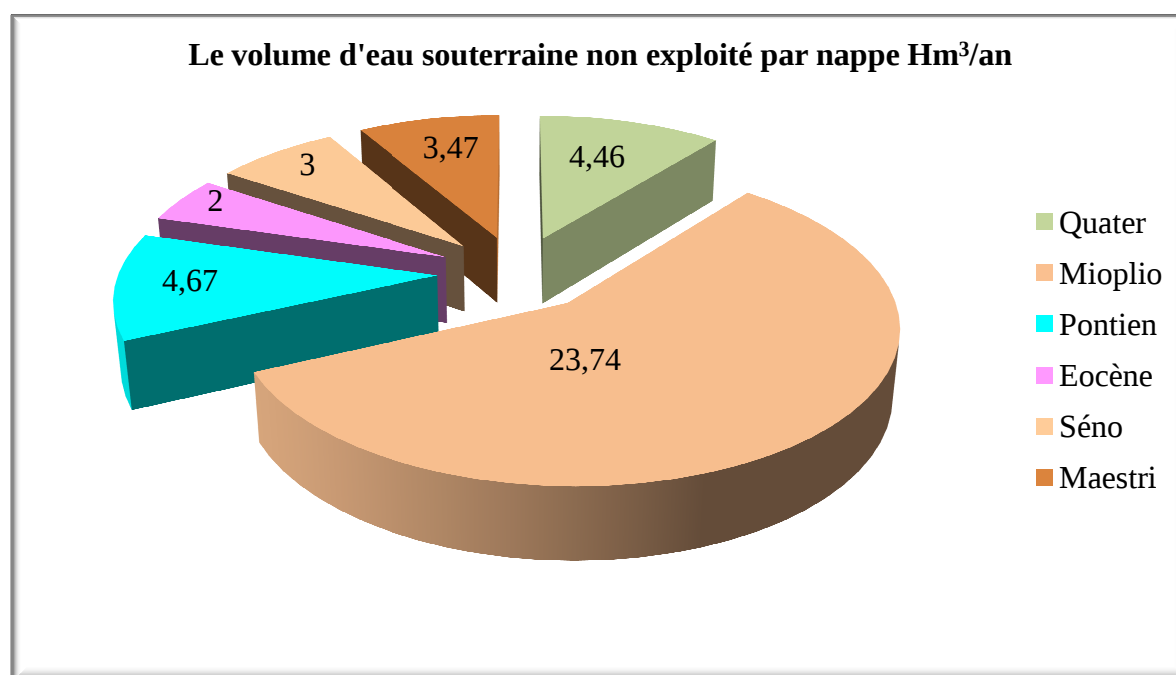


Fig.33. Le volume d'eau non exploité dans la région du Zab Est.

3. La mobilisation des eaux souterraines.

D'après l'inventaire de l'ANRH 2008 le volume mobilisable des eaux souterraines sont estimé à 328,5 Hm³ par an, mais seulement 287,16 Hm³ sont exploitées, soit un taux de 87 % des eaux souterraines mobilisables. Près de 13 % des ressources souterraines restent encore à mobiliser, par l'implantation des forages et la réhabilitation de ceux qui sont en mauvais état (Figure 30).

L'histogramme suivant indique que la grande partie du volume exploité de ces sept (07) nappes est mobilisé par le secteur agricole où la nappe du Moi-pliocène seule, représente les 80,73% du volume total ensuite vient celle Sénonien avec 5,55%, la nappe de l'Eocène Inférieur avec 4,09%, la nappe de Maestrichtien avec 3,54%, la nappe du Quaternaire avec 1,74%, la nappe de Pontien avec 2,32% et en fin l'Albien-barrémien 1,99%.

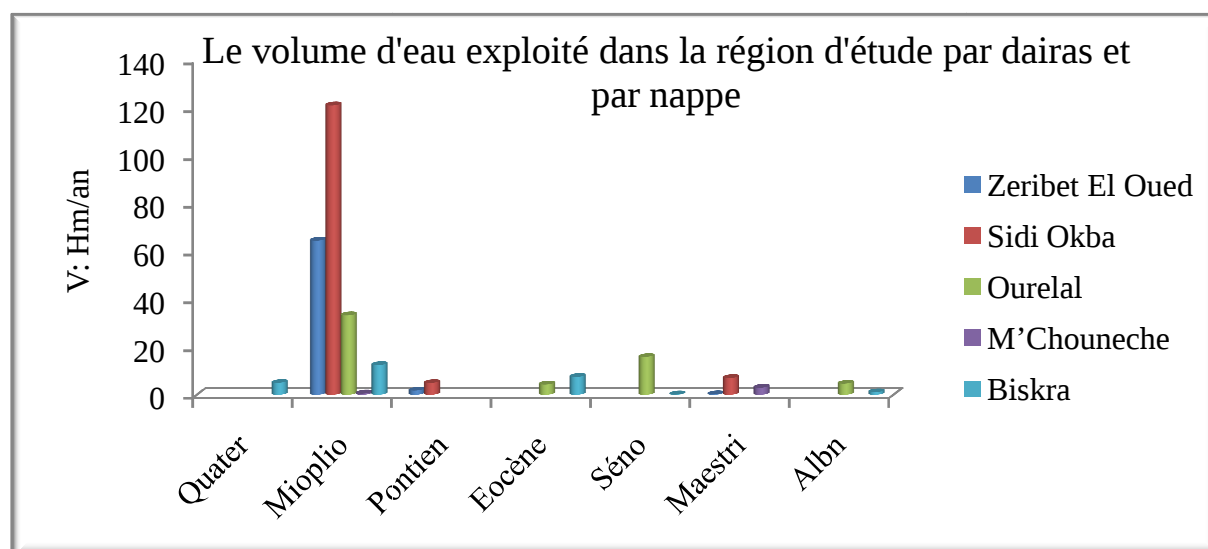


Fig.34. Le volume d'eau exploité par nappe dans la région du Zab Est.

Le volume d'eau exploité et exploitable dans la région du Zab Est

Le volume d'eau souterraines (exploité et non exploité) dans la région du Zab Est de Biskra. Qui concerne seulement les nappes du Continental Intercalaire et du Complexe Terminal est reporté sur le tableau.

Tab.33. Le volume d'eau exploité et non exploité dans la région du Zab Est.

Nappe	Complexe Terminal + Quaternaire	continental intercalaire
Vol. exploité (en Hm ³ /an)	287,16	5,74
Vol. exploitable (en Hm ³ /an)	41,34	00

La mobilisation des eaux de surface

Les ressources en eau de surface mobilisables dans le bassin du Zab Est de Biskra sont estimées à près de 137,95 Hm³ par an, mais seulement un volume de 24,64 Hm³ qui est mobilisé dans le domaine d'irrigation mis en place, traduisant un taux de 17 % de la totalité des ressources mobilisables

L'affectation des ressources en eau dans le bassin du Zab Est de Biskra

Concernant l'affectation des ressources en eau dans le bassin du Zab Est de Biskra, la partie la plus importante des eaux mobilisées est destinée à la satisfaction des besoins agricole

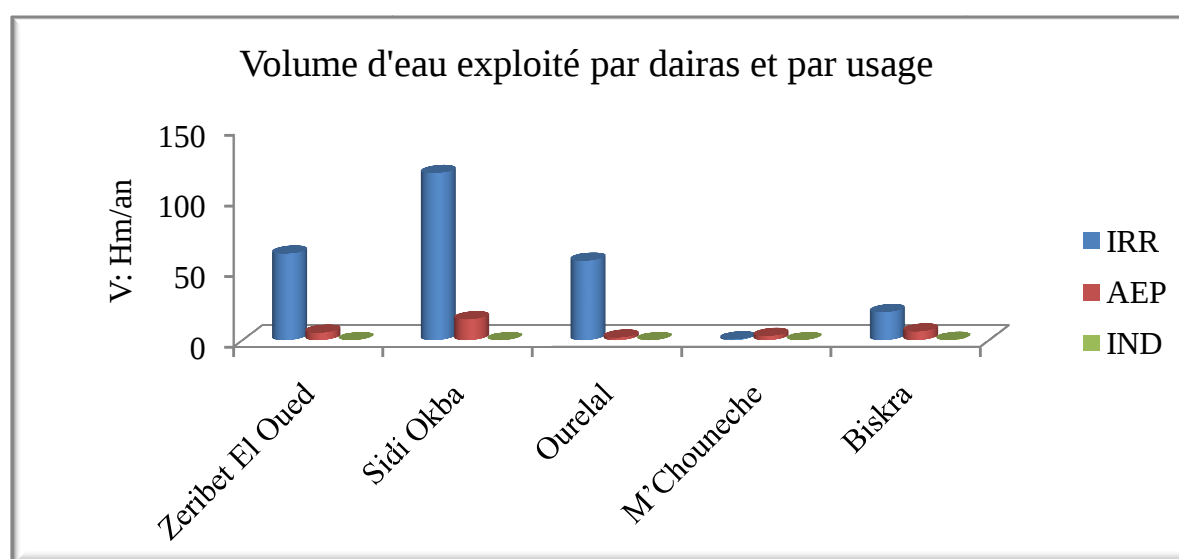
CHAPITRE III. LES RESSOURCES EN EAUX ET QUALITE

(utilisation pour l'irrigation), avec un volume de 280,6 Hm³/ an, soit un taux de 90,03 %. Toutefois, cette dominance est due aux besoins d'irrigation qui ne cessent à croître. Les besoins domestiques tiennent une place prépondérante dans les prélèvements d'eau dans le bassin, un volume de 30,81 Hm³, soit 9,88 % de la totalité des ressources mobilisées. Le volume consacré pour couvrir les besoins en eau industrielle est évalué à 0,26 Hm³ par an, soit 0,08 % des ressources mobilisées.

Tab.34.Répartition par zone et par usage, des volumes d'eau soutirés à partir des différentes nappes.

	Les eaux souterraines			Les eaux de surfaces			
Daïras	IRR	AEP	IND	IRR	AEP	IND	Total
Zeribet El Oued	61,16	5,29	0,03	6,67	0	0	73,15
Sidi Okba	118,16	14,68	0	13,34	0	0	146,18
Ourelal	56,24	1,80	0	1,03	0	0	59,07
M'Chouneche	0,62	2,88	0	3,2	0	0	6,7
Biskra	19,78	6,16	0,23	0,4	0	0	26,21
Total	255,96	30,81	0,26	24,64	0	0	311,67

Tab.30.Répartition par zone et par usage, des volumes d'eau soutirés à partir des différentes nappes



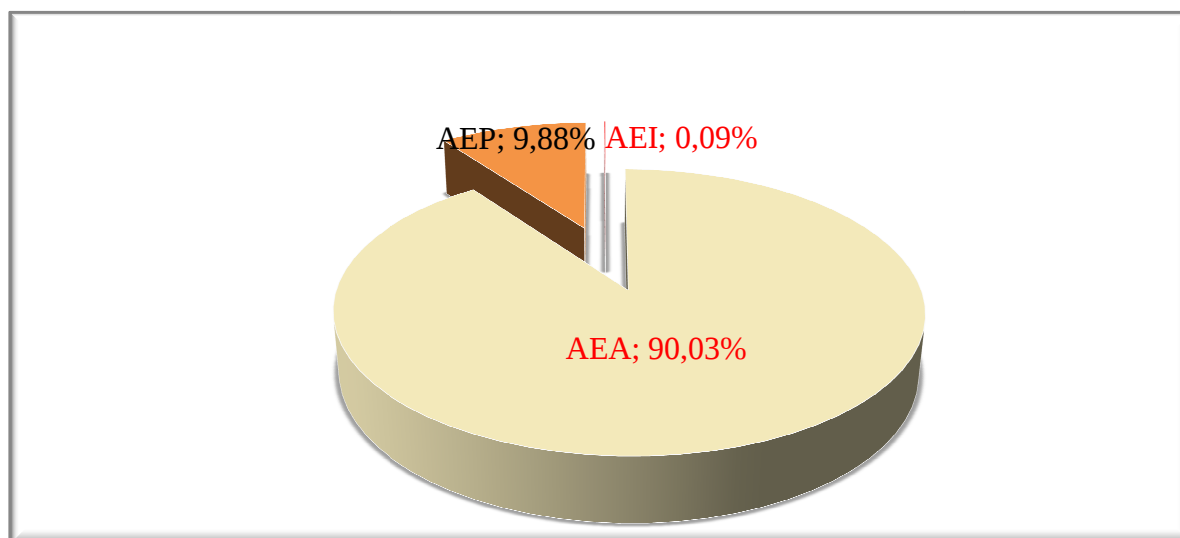


Fig.35. L'affectation des ressources en eau dans la région d'étude

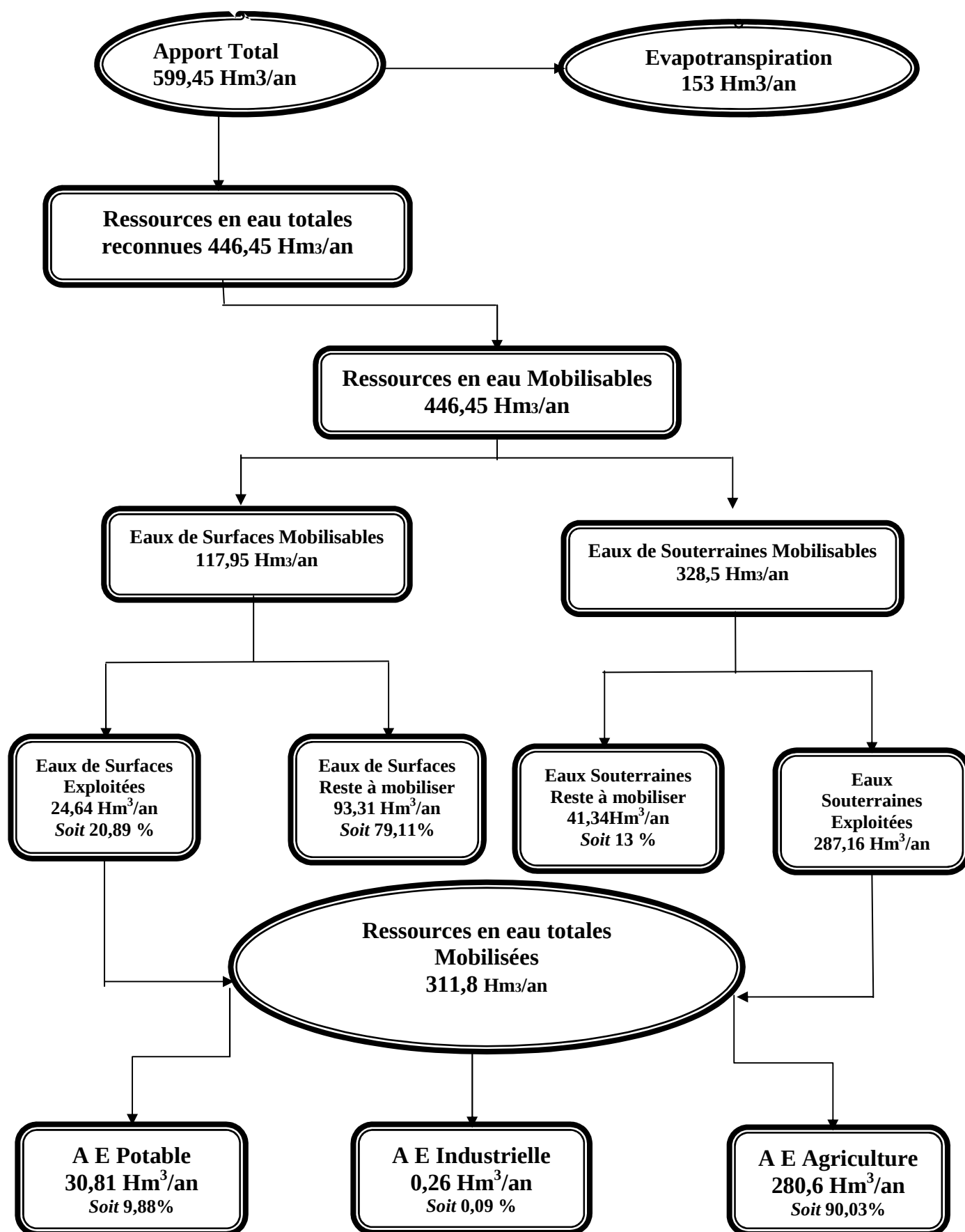


Fig.36. Schéma récapitulatif du potentiel hydrique dans le bassin du Zab Est de Biskra(2008).

III. QUALITE DES EAUX.

La composition chimique d'une eau joue un rôle important dans la détermination de sa qualité, donc la possibilité de son utilisation pour l'alimentation en eau potable ou d'autres usages (irrigation, industrie...etc.).

La qualité des eaux destinées pour l'Alimentation en Eau Potable et l'irrigation se pose avec acuité dans l'ensemble des régions sahariennes. D'une manière générale les eaux destinées pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation, de même que pour les besoins industriels proviennent surtout des eaux souterraines. De point de vue quantité, l'eau au Sahara est généralement disponible et ce, grâce à d'importants aquifères, surtout au bas Sahara (Sahara Septentrional), mais sa qualité physico-chimique (salinité) est le plus souvent médiocre. Cette salinité des eaux, dont une partie est d'origine géologique (primaire) s'accroît continuellement par une mauvaise gestion de la ressource en eau, notamment souterraine. (Salinisation secondaire)

Cette salinisation de la ressource en eau est aggravée dans certains cas par une rend l'eau le plus souvent impropre à la consommation et dès fois même à l'irrigation. En effet, la qualité des eaux destinées pour l'irrigation subit également une dégradation surtout par l'augmentation de la salinité, qui a une influence directe sur l'évolution des sols, le choix des aptitudes culturales et le rendement des cultures

Hydrochimie

L'étude hydrochimique est basée sur l'interprétation des analyses chimiques des échantillons prélevés en Avril 2011 au niveau de 27 forages et sources d'Ain Chetma et le barrage de Foug El Gherza et oued Crochetane. Ces analyses ont été réalisées au laboratoire de chimie des eaux et des sols (Agence Nationale Des Ressources Hydrauliques Direction Régionale Sud Ouargla) et (ADE) les sources ANRH Biskra (F1 à F15 et F29 et F30) et L'ADE (F16 à F24) et DHW Scinque échantillons (F25 à F29).

Elles ont portées sur les éléments chimiques majeurs suivants:

- Les cations: Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ et K^+ .
- Les anions: HCO_3^- , SO_4^{--} et Cl^- .

Les analyses ont révélé l'absence des ions CO_3 dans les eaux prélevées.

Ainsi l'interprétation des résultats analytiques va nous permettre de classer les eaux selon différentes méthodes et d'établir un certain nombre de cartes de répartition spatiale des éléments chimiques.

Du fait de la spécificité des caractéristiques physico-chimiques des eaux, leur analyse s'avère un outil nécessaire à l'hydrogéologie. En effet, ce sont la température, le Ph, la conductivité et les teneurs en éléments chimiques dissous qui vont donner aux eaux leurs caractères spécifiques.

Les caractères physico-chimiques des eaux, ayant été acquis au cours de leur transfert dans l'aquifère, seront fonction, aussi bien, de la nature lithologique des formations traversées, que du temps de transit et de la profondeur de la nappe.

Certains de ces paramètres physico-chimiques ont fait l'objet de mesures sur le terrain : il s'agit de la température et de la conductivité électrique. D'autres ont été effectués au laboratoire à partir d'échantillons prélevés sur le terrain : ce sont les ions Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ et K^+ , HCO_3^- , SO_4^{--} et Cl^- , Sr , NO_3 et le résidu sec.

Dans les aquifères en milieu poreux les variations du chimisme de l'eau sont plus lentes et présentent une amplitude moindre que celles observées dans le karst (Bakalowicz, 1979) où l'on observe des variations rapides liées, aussi bien, au secteur où sont prélevés les échantillons qu'aux modifications ioniques qui interviennent, certes, en fonction du temps mais surtout avec le passage d'onde de crue ou le tarissement progressif des différents niveaux fissuraux.

Du fait de l'hétérogénéité au sein d'un même aquifère et de l'existence d'aquifères différents dans la même région, nous aurons, pour préciser les relations entre les différentes unités hydrogéologiques, à étudier les variations simultanées ou non du chimisme de l'eau.

Nous utiliserons pour ce faire la période où les variations du chimisme sont les plus faibles et où chaque échantillon offre sa meilleure représentativité. Cela correspond à la période d'étiage.

Normes de potabilité des éléments majeurs

Calcium : Le calcium n'a pas d'effet nocif sur la santé de l'individu, car la quantité susceptible d'être ingérée quotidiennement sous forme des besoins est inférieure à celle nécessaire pour l'organisme. En effet l'O.M.S impose 140 mg/l comme teneur maximale. Les eaux dépassant les 200 mg/l présentent un sérieux problème pour les usages domestiques et pour l'alimentation des chaudières.

Magnésium : Le magnésium est un élément indispensable pour la croissance de l'organisme, au-delà d'une certaine concentration il offre un goût désagréable et provoque des troubles chez les enfants, l'O.M.S donne 150 mg/l comme concentration maximale admissible.

Sodium : Le sodium ne présente aucun danger pour la santé, à l'exception de certaines maladies telles que l'hypertension et les maladies du cœur qui nécessitent des teneurs faibles. Les teneurs élevées offrent à l'eau un goût désagréable.

Potassium : Présent dans l'eau naturelle, ne dépasse pas habituellement 10 à 15 mg/l, donc il n'a pas de problèmes pour la santé.

Chlorures : Les chlorures donnent un goût désagréable et pose le problème de corrosion et aussi pour les personnes atteintes de maladies cardio-vasculaires ou rénales. La norme donnée par l'O.M.S est de 250 mg/l. d'après le résultat de cette analyse chimique le teneur de Cl^- dépasse la norme de l'O, M, S.

Sulfates : Les sulfates provoquent des troubles intestinaux, l'O.M.S fixe à 250 mg/l la teneur maximale admissible.

Bicarbonates : La présence des bicarbonates dans l'eau de boisson ne provoque aucun effet nocif sur la santé. La recommandation pour la quantité de l'eau potable ne comporte pas de norme relative.

Caractéristiques physicochimiques

Quatre paramètres physico-chimiques (T, PH, minéralisation et conductivité) sont mesurés in situ directement après le prélèvement des échantillons à l'aide d'un appareil multi paramètres de marque WTW.

Les analyses effectuées ont porté sur les paramètres physico chimiques suivants : la température (T), le potentiel d'hydrogène (pH), conductivité électrique(CE), le résidu sec, les éléments majeurs (Ca, Mg, Na, K, SO_4 , HCO_3 , Cl).

Les températures

La température de l'eau est un paramètre d'une grande utilité en ce qui concerne les études hydrogéologiques. Elle est nécessaire pour déterminer les équilibres chimiques entre les

diverses espèces en présence. La concentration de certains éléments dissous ou les rapports des concentrations d'éléments entre eux, sont l'image de conditions d'équilibre qui sont, elles même, fonction de la température atteinte par l'eau souterraine. On peut en déduire des informations sur la profondeur de l'écoulement souterrain, le temps de résidence de l'eau dans l'aquifère (Les eaux souterraines sont influencées par les propriétés thermiques de la roche), ainsi que son origine. Habituellement, on mesure également la température de l'air (ou mieux encore, on donne une indication de la température moyenne du jour de mesure) qui permet de vérifier, après coup, les conditions climatiques dans lesquelles l'échantillonnage s'est déroulé et d'expliquer d'éventuelles anomalies dans les résultats des analyses géochimiques.

L'énergie calorifique apportée par le soleil se propage dans le sol sous forme d'ondes thermiques. Pour une valeur moyenne de la diffusivité, $K = 0.0043$ unité C.G.S., la vitesse de propagation des ondes thermiques sera de 0.66 m/j (Freeze and Cherry, 1979). Les variations de température, même, les plus fortes ne se feront pas sentir au dessus de 1 m/j dans un sol ordinaire et de 1.5 m/j dans les roches compactes. C'est ce qu'on appelle la zone d'hétérotherme journalière.

La profondeur au-delà de laquelle les variations de la température ne seront plus sensibles, inférieures à 0.01 seront de 15 à 17 mètres dans un sol ordinaire, de 24 à 27 mètres dans les calcaires et de 34 à 39 mètres dans les granites. On est ici dans la zone d'homothermie. Au-delà de cette zone la température va s'accroître régulièrement avec la profondeur.

La température de la zone neutre est fonction de la latitude, de l'altitude et de l'exposition. Elle diminuera en moyenne de 0.44°C par tranche de 100 mètres. En choisissant la période d'étiage, nous savons que la température n'est influencée que par le gradient géothermique (profondeur de l'aquifère) et le degré de karstification.

Cependant des anomalies thermiques peuvent perturber l'évolution spatiale des températures des eaux en fonction du gradient géothermique. Ces anomalies se manifestent, généralement par la résurgence de sources thermales d'origine très profonde. Exemple des sources thermales de la région de Biskra (Hammam Essalhine et Ain Chetma) qui peuvent atteindre des températures de 45°C .

Conductivité

La conductivité qui est l'inverse de résistivité traduit une aptitude de l'eau à laisser passer le courant électrique. C'est une mesure rapide de la teneur globale en électrolytes d'une solution

; c'est un outil nécessaire à l'estimation de la minéralisation. La minéralisation globale (g/l) est approximativement égale au produit de la conductivité électrique à 25°C par un coefficient compris entre 0.55 et 0.75 pour une grande majorité des eaux souterraines (Freeze et Cherry, 1979). La conductivité augmente lorsque la température s'accroît. De ce fait on procède toujours à une correction par rapport à une température de référence (20°C ou 25°C).

Le pH

Le pH est par définition, une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans une eau (Tarda-Henry, 1984). Il caractérise l'acidité ou la basicité d'une solution aqueuse ($pH = -\log(H^+)$). L'échelle de pH s'applique pour des activités comprises entre 10^{-4} ($pH = 14$) et 1 ($pH = 0$). Il s'agit d'un paramètre capital pour le calcul des équilibres thermodynamiques. Il joue un rôle primordial, à la fois, dans les propriétés physico- chimiques (acidité, agressivité), dans les processus biologiques et dans l'efficacité des traitements des eaux. Le pH doit être mesuré le plus souvent et de préférence in situ.

Le résidu sec

Le résidu sec est obtenu par dessiccation à 110 ° C, il correspond à la totalité des sels dissous et donne donc une idée sur le degré de minéralisation des eaux. Le paramètre salinité est le plus fréquemment utilisé pour classer les eaux, notamment au niveau des grands aquifères. Tous les points d'eau recensés par l'agence des bassins hydrographiques du Sahara (ABH Sahara) ont fait l'objet de mesures systématiques de la minéralisation.

Minéralisation

La minéralisation correspond à la totalité des sels dissous contenus dans l'eau. Nous l'avons déterminé à partir de la conductivité des échantillons prélevés, toutes les valeurs mesurées de la conductivité indiquent une minéralisation élevée car elles sont toutes globalement supérieures à 1000 $\mu S/cm$. De plus, elles correspondent à des valeurs de minéralisation totale dépassant les normes de l'O.M.S ; soit 1500 mg/l.

La dureté

La dureté de l'eau (TH) montre que les eaux de consommation sont très dures avec des TH supérieurs à la norme de 50°F. La dissolution du Ca^{2+} et du Mg^{2+} résulte principalement de l'infiltration des eaux de surface à travers les formations rocheuses calcaires et dolomitiques.

CHAPITRE III. LES RESSOURCES EN EAUX ET QUALITE

Cette dissolution est accrue couches superficielles du sol (Tardat et Beaudry, 1984). La dureté possède des propriétés gênantes telles que formation de dépôts durs dans les canalisations du réseau, gêne dans les opérations de lavage etc...

Les paramètres physicochimiques de la région d'étude sont représenté dans le tableau suivant :

Tal.35. représente les paramètres physicochimiques dans la région du Zab Est

Nom de forage	Dureté totale (°F)	Résidu sec à 110 °C	Minéralisation mg/l	Conductivité (µS/cm)	pH
Kahoul APC N1	172,9	3130	1796	2,9	7,4
Telli Zerribi	97,1	2222	1345	2,17	7,56
Grina amor	108,3	2786	2613	2,8	7,36
AEP El Horryia	88,8	21,66	12,65	2,04	7,4
TELLI MOHAMED	242,7	6378	4750	5,41	7,29
BIR SOUDEN AEP N3	82,6	1950	1327	2,14	7,13
BIR SOUDEN AEP N2	88,9	2620	2094	2,88	7,91
AEP ESSADA ANCIEN	77,1	1366	849	1,37	7,05
AEP COMPLEX ISLAMIQUE	112,1	3234	2379	3,31	7,1
YIAHIAOUI DJABALLAH	131,2	2460	2164	3,49	7,6
LAHLOUH DJAMILA	86,2	2998	2262	2,99	7,4
MESSAOUDI SAFIA	140,6	3006	2875	2,76	7,07
ELHAMEL MOHAMED	95,8	2240	1699	2,74	7,26
BAAIA MOHAMED	93	3878	2393	3,86	7,1
TBINA KAMEL	442,2	9504	6879	8,46	6,72
F GARTA1	92	1064	2453	1,593	7,26
F GARTA1	112,34	1080	1980	0,898	7,17
F GARTA3	130,2	1024	2430	0,979	7,05
SAD FOME EL GHARZA	210,2	2096	3458	1,043	7,3
F SAADA	98,4	3356	1730	12,01	7,14
F INSTITUTE ISLAMIQUE	87,6	3120	1867	5	6,95

Les faciès chimiques

Le diagramme triangulaire de Piper permettent d'évaluer les pourcentages des éléments chimiques ainsi que leur classification. Ils permettent, en outre, de suivre l'évolution spatiale et temporelle du chimisme entre les différentes campagnes.

Les eaux de la nappe du Continental Intercalaire représentées sur le diagramme de Piper montrent une faible diversité. Ces points sont regroupés au pôle chloruré et sulfaté calcique et magnésien ainsi que le pôle chloruré sodique et sulfaté sodique. Ces faciès dénotent l'influence des terrains triasiques salifères (djebel El Mellah) et le lessivage des terrains lagunaires gypsifères.

La formule ionique

Cette formule a pour but de classer par ordre décroissant les quantités en réaction en (meq/l) des groupes anion et cation. Elle permet de définir les caractéristiques physico-chimiques des eaux de l'aquifère en relation avec sa lithologie et de classer les eaux de même origine (Tab. 36).

Tab.36. Détermination du faciès chimique des eaux de surface et les eaux souterraines de la région de Zab Est de Biskra (2010) par la formule ionique.

N	Formule ionique		Faciès chimique
F1	$\text{So}_4^{-2}, \text{Cl}^-, \text{HCO}_3^-$	$\text{Mg}^{+2}, (\text{Na}^+ + \text{K}^+), \text{Ca}^{+2}$	Sulfaté - Magnésien
F2	$\text{So}_4^{-2}, \text{Cl}^-, \text{HCO}_3^-$	$(\text{Na}^+ + \text{K}^+), \text{Mg}^{+2}, \text{Ca}^{+2}$	Sulfaté sodique
F3	$\text{So}_4^{-2}, \text{Cl}^-, \text{HCO}_3^-$	$(\text{Na}^+ + \text{K}^+), \text{Mg}^{+2}, \text{Ca}^{+2}$	Sulfaté sodique
F4	$\text{So}_4^{-2}, \text{Cl}^-, \text{HCO}_3^-$	$(\text{Na}^+ + \text{K}^+), \text{Mg}^{+2}, \text{Ca}^{+2}$	Sulfaté sodique
F5	$\text{So}_4^{-2}, \text{Cl}^-, \text{HCO}_3^-$	$\text{Mg}^{+2}, (\text{Na}^+ + \text{K}^+), \text{Ca}^{+2}$	Sulfaté - Magnésien
F6	$\text{So}_4^{-2}, \text{Cl}^-, \text{HCO}_3^-$	$(\text{Na}^+ + \text{K}^+), \text{Mg}^{+2}, \text{Ca}^{+2}$	Sulfaté sodique
F7	$\text{So}_4^{-2}, \text{Cl}^-, \text{HCO}_3^-$	$(\text{Na}^+ + \text{K}^+), \text{Mg}^{+2}, \text{Ca}^{+2}$	Sulfaté sodique
F8	$\text{So}_4^{-2}, \text{Cl}^-, \text{HCO}_3^-$	$(\text{Na}^+ + \text{K}^+), \text{Mg}^{+2}, \text{Ca}^{+2}$	Sulfaté sodique
F9	$\text{So}_4^{-2}, \text{Cl}^-, \text{HCO}_3^-$	$\text{Mg}^{+2}, (\text{Na}^+ + \text{K}^+), \text{Ca}^{+2}$	Sulfaté - Magnésien
F10	$\text{So}_4^{-2}, \text{Cl}^-, \text{HCO}_3^-$	$(\text{Na}^+ + \text{K}^+), \text{Mg}^{+2}, \text{Ca}^{+2}$	Sulfaté sodique
F11	$\text{So}_4^{-2}, \text{Cl}^-, \text{HCO}_3^-$	$(\text{Na}^+ + \text{K}^+), \text{Mg}^{+2}, \text{Ca}^{+2}$	Sulfaté sodique
F12	$\text{So}_4^{-2}, \text{Cl}^-, \text{HCO}_3^-$	$\text{Mg}^{+2}, (\text{Na}^+ + \text{K}^+), \text{Ca}^{+2}$	Sulfaté - Magnésien
F13	$\text{So}_4^{-2}, \text{Cl}^-, \text{HCO}_3^-$	$(\text{Na}^+ + \text{K}^+), \text{Mg}^{+2}, \text{Ca}^{+2}$	Sulfaté sodique
F14	$\text{So}_4^{-2}, \text{Cl}^-, \text{HCO}_3^-$	$(\text{Na}^+ + \text{K}^+), \text{Mg}^{+2}, \text{Ca}^{+2}$	Sulfaté sodique
F15	$\text{So}_4^{-2}, \text{Cl}^-, \text{HCO}_3^-$	$\text{Mg}^{+2}, (\text{Na}^+ + \text{K}^+), \text{Ca}^{+2}$	Sulfaté - Magnésien
F16	$\text{HCO}_3^-, \text{Cl}^-, \text{So}_4^{-2}$	$(\text{Na}^+ + \text{K}^+, \text{Ca}^{+2}, \text{Mg}^{+2})$	Bicarbonate sodique
F17	$\text{Cl}^-, \text{HCO}_3^-, \text{So}_4^{-2}$	$(\text{Na}^+ + \text{K}^+), \text{Ca}^{+2}, \text{Mg}^{+2}$	Chlorure sodique
F18	$\text{Hco}^{-3}, \text{Cl}^-, \text{So}_4^{-2}$	$\text{Ca}^{+2}, (\text{Na}^+ + \text{K}^+), \text{Mg}^{+2}$	Bicarbonate calcique
F19	$\text{Cl}^-, \text{HCO}_3^-, \text{So}_4^{-2}$	$(\text{Na}^+ + \text{K}^+), \text{Ca}^{+2}, \text{Mg}^{+2}$	Chlorure sodique
F20	$\text{Cl}^-, \text{HCO}_3^-, \text{So}_4^{-2}$	$(\text{Na}^+ + \text{K}^+), \text{Mg}^{+2}, \text{Ca}^{+2}$	Chlorure sodique
F21	$\text{Cl}^-, \text{HCO}_3^-, \text{So}_4^{-2}$	$(\text{Na}^+ + \text{K}^+), \text{Ca}^{+2}, \text{Mg}^{+2}$	Chlorure sodique
F22	$\text{Cl}^-, \text{HCO}_3^-, \text{So}_4^{-2}$	$(\text{Na}^+ + \text{K}^+), \text{Mg}^{+2}, \text{Ca}^{+2}$	Chlorure sodique
F23	$\text{So}_4^{-2}, \text{Cl}^-, \text{HCO}_3^-$	$\text{Ca}^{+2}, \text{Mg}^{+2}, (\text{Na}^+ + \text{K}^+)$	sulfaté calcique
F24	$\text{Cl}^-, \text{So}_4^{-2}, \text{HCO}_3^-$	$\text{Ca}^{+2}, (\text{Na}^+ + \text{K}^+), \text{Mg}^{+2}$	chloruré calcique
F25	$\text{So}_4^{-2}, \text{Cl}^-, \text{HCO}_3^-$	$(\text{Na}^+ + \text{K}^+), \text{Ca}^{+2}, \text{Mg}^{+2}$	Sulfaté sodique
F26	$\text{Cl}^-, \text{So}_4^{-2}, \text{HCO}_3^-$	$\text{Ca}^{+2}, (\text{Na}^+ + \text{K}^+), \text{Mg}^{+2}$	chloruré calcique
F27	$\text{So}_4^{-2}, \text{Cl}^-, \text{HCO}_3^-$	$\text{Mg}^{+2}, (\text{Na}^+ + \text{K}^+), \text{Ca}^{+2}$	Sulfaté - Magnésien
F28	$\text{So}_4^{-2}, \text{Cl}^-, \text{HCO}_3^-$	$\text{Ca}^{+2}, (\text{Na}^+ + \text{K}^+), \text{Mg}^{+2}$	sulfaté calcique
F29	$\text{So}_4^{-2}, \text{Cl}^-, \text{HCO}_3^-$	$\text{Ca}^{+2}, (\text{Na}^+ + \text{K}^+), \text{Mg}^{+2}$	sulfaté calcique
F30	$\text{Cl}^-, \text{So}_4^{-2}, \text{HCO}_3^-$	$(\text{Na}^+ + \text{K}^+), \text{Ca}^{+2}, \text{Mg}^{+2}$	Chlorure sodique

Il apparaît que le facies le plus dominant est chloruré sodique (78,26% des échantillons) et à un degré moindre le facies chloruré magnésien (9,1% des échantillons) ainsi que le facies sulfaté sodique (7,28% des échantillons), avec l'apparition d'un facies sulfaté magnésien de faible représentativité (4,55% des échantillons). La présence des eaux chlorurées magnésiennes et sulfatées sodiques peut être à l'origine d'un échange de base qui peut se produire entre le Na^+ et le Mg^{2+} .

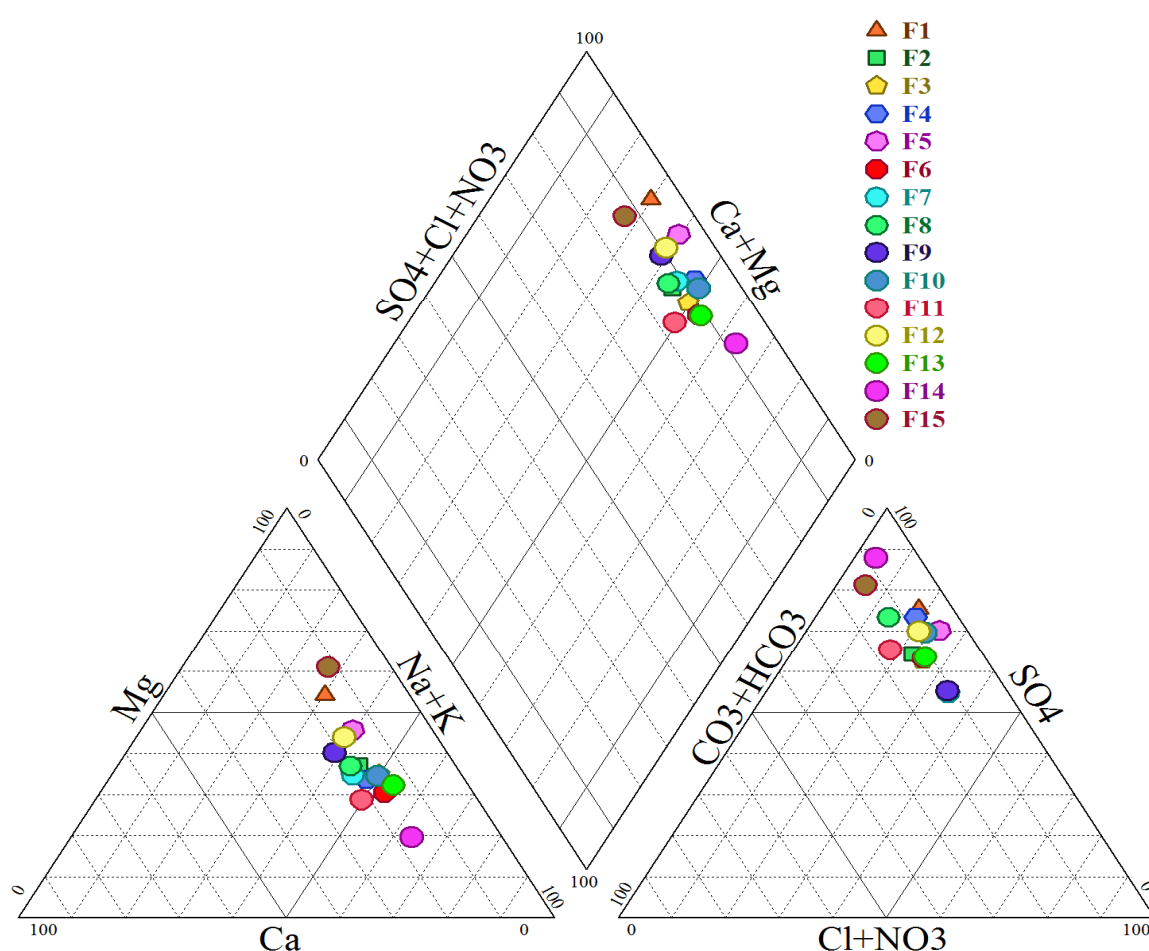


Fig.37. Diagramme de piper pour les eaux souterraines dans la région d'étude.

Le diagramme de piper des eaux souterraines montre une grande variabilité du faciès chimique. Ces derniers apparaissent comme suit:

Faciès Sulfaté – Magnésien : Ce faciès se rencontre au niveau du F1, F5, F9, F12, F15 il provient des formations gypsifères qui forment le seul séparant des terrasses de la vallée ancienne et celle de la vallée actuelle.

Faciès sulfaté sodique : ce faciès se rencontre au niveau du F2, F3, F4, F6, F7, F8, F10, F11, F13, F14 provient des formations gypsifères et les formations argileuse.

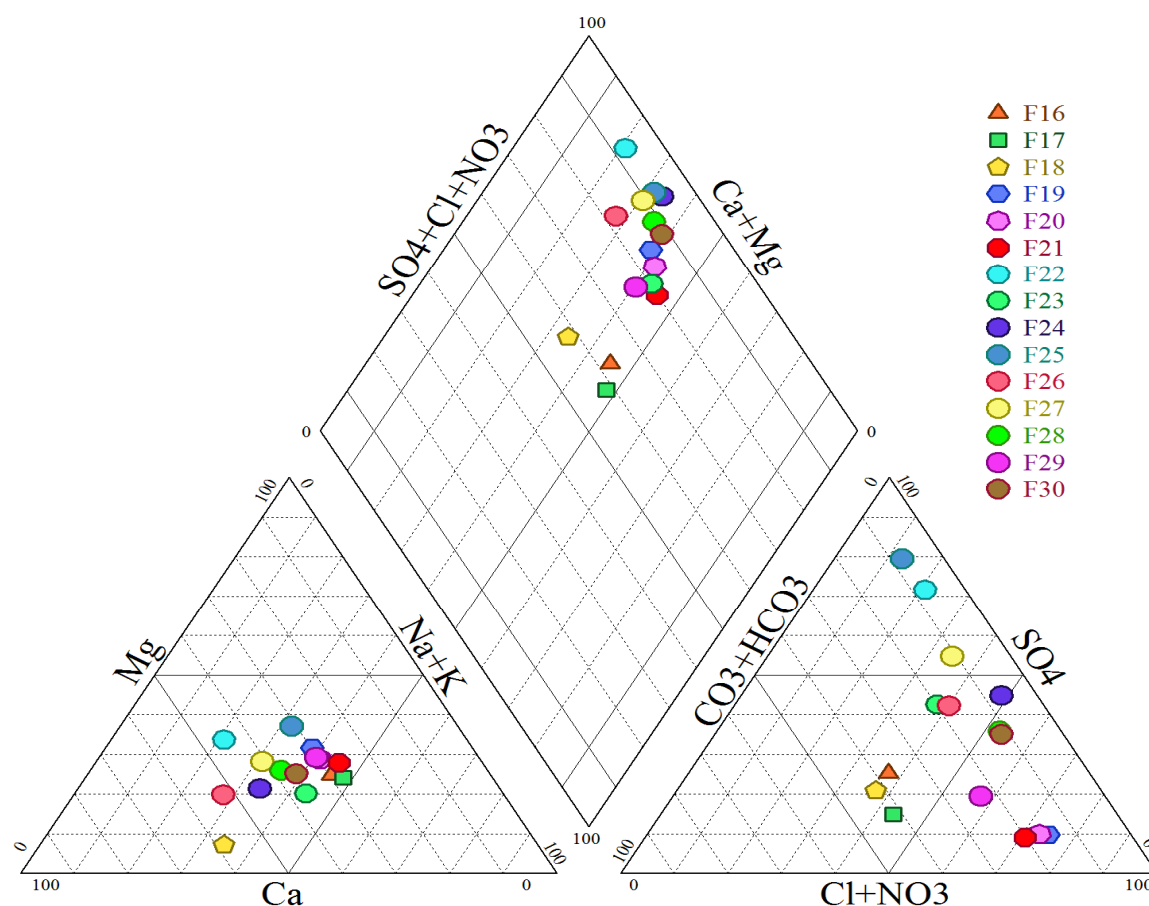


Fig.38. Diagramme de piper pour les eaux souterraines dans la région d'étude.

Le diagramme de piper des eaux souterraines montre une grande variabilité du faciès chimique. Ces derniers apparaissent comme suit:

Faciès chloruré sodique: se manifeste au niveau des puits (F17, F19, F20, F21, F22 et F30). Ce faciès indique une dissolution évaporitiques riche en sels, cela est dû à l'existence des lentilles évaporitiques.

Faciès chloruré calcique ou sulfaté calcique: Ce faciès se rencontre au niveau des puits (F23, F24, F26, F28, F29). En général, les eaux de ce faciès sont issues des formations marneuses, argileuses et gréseuses.

Origine et signification géochimique des éléments chimiques :

Les ions Ca^{+2} et Mg^{+2} : ces ions ont toujours une origine interne au système. Ils proviennent, surtout, de la dissolution des roches calcaires et dolomitiques. Le calcium peut aussi provenir du gypse. Ils indiquent, principalement le temps de séjour de l'eau dans l'aquifère.

Les ions Cl^- , Na^+ et K^+ : ils sont d'origine, principalement, externe. Ils peuvent provenir des formations salifères du Trias ou des formations marneuses et argileuses. Na et K peuvent provenir de l'altération des minéraux silicatés. En revanche l'élément Cl peut avoir une origine météorique (lessivage des formations lithologiques par les apports pluviométriques). Ces ions sont, généralement, très peu abondants dans les terrains carbonatés, excepté dans des conditions particulières de gisement (Bakalovicz, 1979)

Les ions sulfates SO_4^{-2} : les eaux naturelles contiennent, pratiquement, toujours des ions sulfatés dans des proportions très variables. Leur présence résulte de la légère solubilité des sulfates de calcium dans les roches gypseuses et de l'oxydation des sulfures se trouvant dans les roches. Cependant, ils peuvent aussi provenir de l'oxydation dans l'atmosphère, de l'anhydrite sulfureuse par combustion des hydrocarbures (Bakalovicz, 1979).

Les bicarbonates HCO_3^- : l'origine des bicarbonates est attribuée elle aussi à la dissolution des formations carbonatées (calcaire), quelque puits révèle des teneurs assez élevée en HCO_3 dans le F16 et F18.

Conclusion :

La région du Zab Est de Biskra présente des ressources en eau souterraines très importantes, représentées par les nappes des deux systèmes aquifères du Sahara septentrional, le complexe terminal et le continental intercalaire. (ERESS, 1972).

L'exploitation des eaux souterraines est la principale ressource pour l'alimentation en eau potable pour les habitants de la région de Biskra. En fait l'exploitation de deux barrages sur la région ne se fait que pour l'irrigation des cultures.

D'après l'interprétation des analyses chimique des eaux de surface et l'eau souterraine nous pouvons dire que les ions dominants sont le plus souvent les chlorures et les sulfates parmi les anions et le calcium et le magnésium parmi les cations. Aussi nous pouvons dire que les eaux de la région étudiée présentent deux faciès suivant le sens de l'écoulement, chloruré et sulfaté calcique et magnésienne en amont avec une tendance à devenir chloruré sodique et potassique à l'aval. Compte tenu de l'évaporation intense, les nappes phréatiques sont souvent hyper chlorurées sodiques.

Concernant les autres nappes, les teneurs dépassent dans tous les cas la norme de potabilité.

D'une façon générale, les caractéristiques minérales des eaux de la région d'étude sont apparues globalement médiocres avec des valeurs non-conformes aux normes de potabilité, notamment en ce qui concerne les nappes les plus exploitées (Nappes du complexe terminal).

Les caractéristiques chimiques de l'eau ont un impact déterminant non seulement au niveau de la santé publique et de la potabilité de l'eau mais encore au niveau de certains secteurs, et en particulier l'agriculture qui est de loin celui qui consomme le plus d'eau au Sahara (ACHOUR, 1990)

CHAPITRE IV

ESSAI DE GESTION RATIONNELLE DES EAUX DANS LE BASSIN DU ZAB EST DE BISKRA

La comparaison entre ressources-besoins est un indicatif révélateur et très significatif qui nous oriente quant à l'avenir de la politique de l'eau que nous menons afin d'atténuer l'effet du déficit en eau selon l'espace géographique, le secteur d'utilisation et l'échéance considérée.

Les besoins en eau se rapportent aux quantités nécessaires à consommer pour assurer l'alimentation en eau potable (AEP), en eau d'irrigation (AEA) et en eau industrielle (AEI).

L'estimation quantitative des besoins en eau est basée sur deux paramètres essentiels sont à prendre en considération dans lors de l'évaluation des besoins actuels et futurs de l'AEP. Ces paramètres sont le taux de croissance démographique et la dotation selon des normes pour l'AEP et des normes techniques suivant les unités pour l'AEI.

I-ALIMENTATION EN EAU POTABLE

L'une des préoccupations majeures des pouvoirs publics du Zab Est de Biskra a été de s'efforcer de résoudre l'épineuse équation entre les ressources en eau et la satisfaction des besoins eau des populations.

L'évaluation de cette demande en eau toujours croissante dépend de plusieurs facteurs socio-économiques tels que la démographie, le niveau de vie, le type d'habitat, les habitudes socioculturelles. Etc. Donc, en toute logique, on devrait rapporter la demande en eau potable au nombre d'habitants.

L'alimentation en eau potable de la région d'étude est assurée par les eaux souterraines extraites surtout de champs captant de moi-pliocène.

Evolution de la population:

La zone d'étude compte 11 communes, regroupant une population de 328 244 habitants selon le recensement de 2008, et de 348747 habitants selon l'estimation de l'année 2010.

L'estimation de la population future:

La population totale du bassin est estimée à 348747 habitants, à l'an 2008, en se basant sur

l'année de référence ou RGPH (Recensement Général de Population et d'Habitats) de l'année 2008, avec un taux d'accroissement démographique de l'ordre de 2.05 % selon les indications de la direction de planification et d'aménagement du territoire DPAT. L'estimation de la population future dans le Zab Est, suit un modèle exponentiel défini par la relation suivante :

$$P_n = P_0 (1+T)^n$$

D'où :

P_n : La population future après n années.

P_0 : La population actuelle.

T : Le taux d'accroissement démographique.

n : Nombre d'années séparant l'année de référence de l'année considérée.

Le tableau ci-dessous résume l'évolution des besoins en eau en parallèle avec l'évolution de la population, selon une dotation moyenne fixée par la DHW de Biskra à 360 l / j / hab.

Tab.37. Perspective de l'évolution de la population et de la demande en eau potable dans la région du Zab Est de Biskra.

Année	2008	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Population	334876	348747	385990	427209	472831	523324	579210
Besoins AEP (Hm ³ /an)	44,00	45,83	50,72	56,14	62,13	68,76	76,11

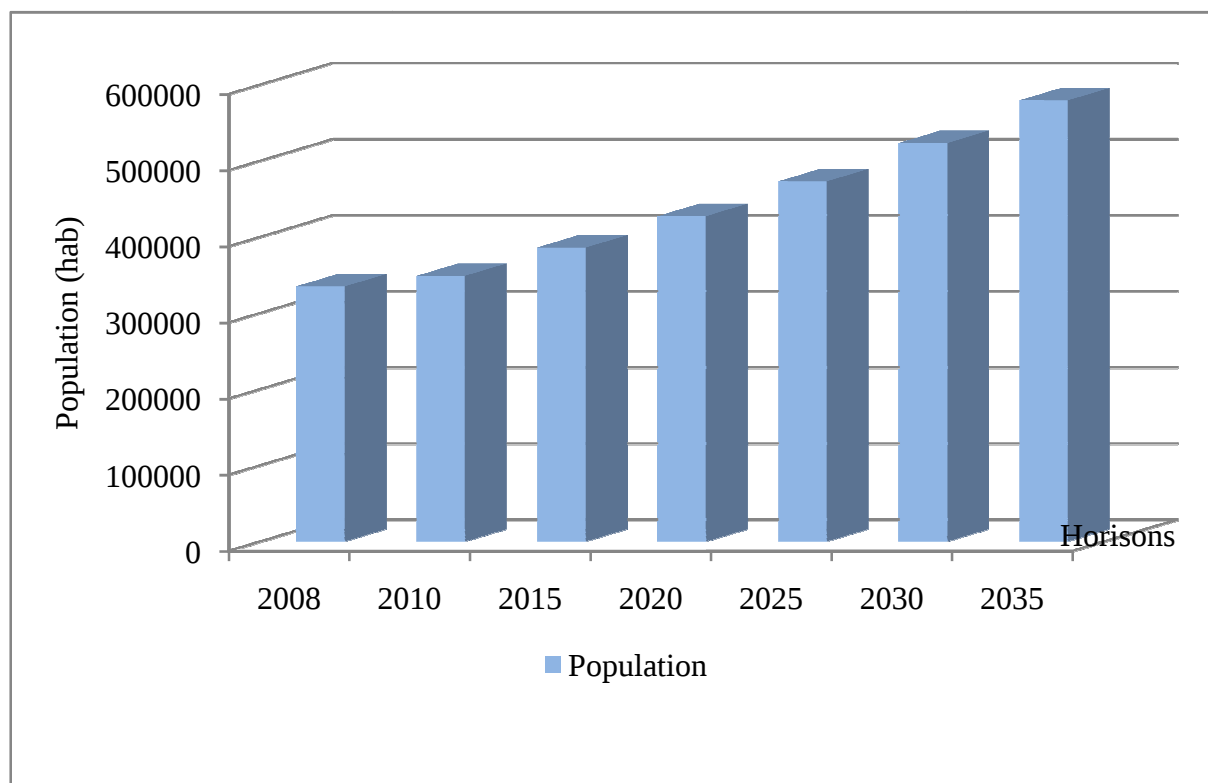


Figure.40. Evolution dans le temps de la population dans la région du Zab Est de Biskra (2008-2035)

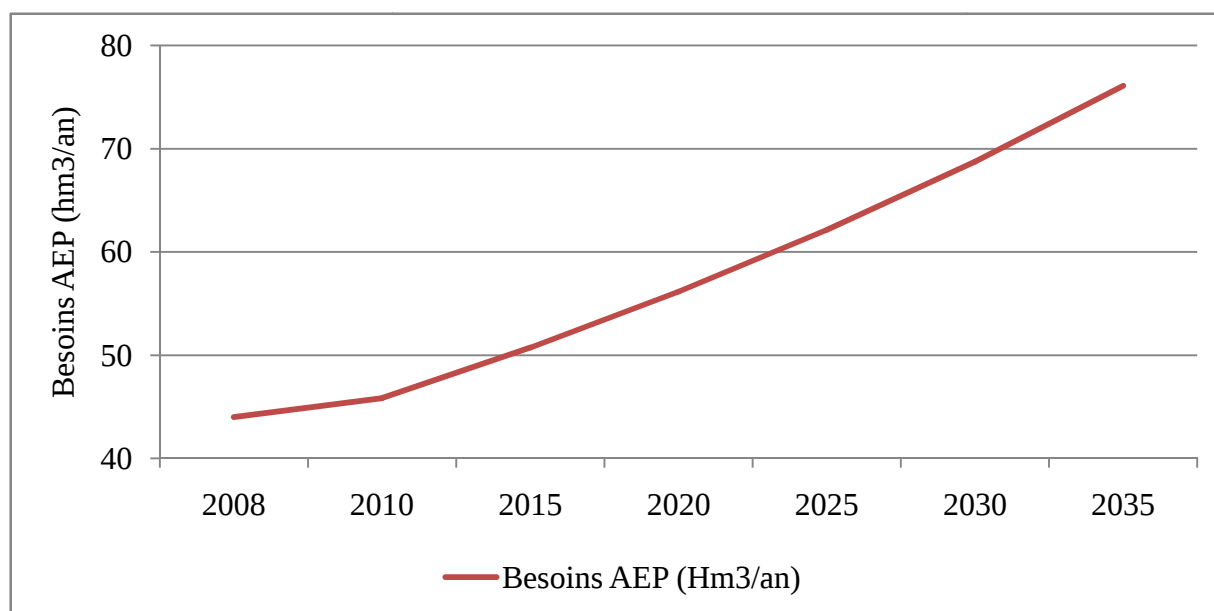


Figure.41. Evolution dans le temps des besoins en eau potable dans la région du Zab Est de Biskra (2008-2035)

La population du Zab Est de Biskra est passée de 334876 à 348747 habitants entre 2008 et 2010, et selon les projections, cette population peut dépasser les 600 milles habitants à l'horizon 2035. D'après le tableau précédent, on observe que les besoins en AEP ont augmentés de 44 millions de m³ en 2008, pour atteindre en 2010 environ de 45,83 millions de m³ et ils s'élèveraient au total en 2035 à 60 % de leur volume actuel, qui correspond à environ 76,11 millions de m³.

Ces projections de l'évolution des besoins en eau potable dans la partie du Zab Est de Biskra sont risque d'être sous estimées, parce qu'elles sont basées sur l'hypothèse de constance des demandes en eau potable par habitant (scénario tendanciel). Cette hypothèse a sans doute pour défaut de ne pas prendre en compte les croissances des demandes en eau potable par commune.

Les ressources et l'approvisionnement en eau potable

En matière d'approvisionnement en eau potable, la dotation moyenne à travers la région de Biskra est fixée par la DHW de Biskra à 360 litres par jour et par habitant, les besoins en eau vont s'augmenter donc à 45,82 millions de m³ pour l'année 2010. Cependant, le volume réellement produit pour couvrir ces besoins en eau domestiques est de l'ordre de 37,03 millions de m³ par an, soit un taux de satisfaction ⁽²⁾ de près de 80 %.

Tab.38. Tableau récapitulatif de la population et l'alimentation en eau potable dans la région du Zab Est de Biskra.

Daira	Commune	Population 2010	Dotation Théorique (l/J/hab)	Dotation (l/J/hab)	Taux de raccordement %	Besoin en eau (10 ³ m ³ /an)	Volume produit (10 ³ m ³ /an)	Longueur du réseau (ml)
Sidi Okba	Sidi Okba	34 804	360	430	98	4573,25	5462,48	79613
	Chetma	14 229	360	341	97	1869,69	1171,02	35614
	El Haouch	5 519	360	372	96	725,20	749,36	21850
	Ain Naga	12 497	360	220	95	1642,11	1003,51	21191
Biskra	Biskra	213 555	360	260	98	28061,13	20266,36	298958
	El Hadjeb	10484	360	206	98	1377,60	788,29	26498
Zeribet El Oued	Zeribet El Oued	22 807	360	305	95	2996,84	2539	52996
	El Feidh	13 244	360	420	90	1740,26	2030,3	13165
	Khanguet Sidi Nadji	3 152	360	405	95	414,17	465,94	33690
	M'Zirâa	7 902	360	420	90	1038,32	1211,37	16888
M'chouneche	M'chouneche	10 498	360	350	97	1379,44	1341,12	47593
Total		348747	360	338	95	45825,36	37028,75	648056

Les dotations en eau présentées par habitant dans la région de Zab Est de Biskra sont globalement bien supérieures à la moyenne nationale (160 l/j/hab), elles seraient en moyenne de l'ordre de (360 l/j/hab).

C'est ainsi que la production en eau potable est passée de 44 millions de m³ pour l'année 2008, à près de 45,83 millions de m³ pour l'année 2010, soit une augmentation moyenne annuelle de 0,91 million de m³.

Concernant le niveau de service, le taux de raccordement varie entre 95% à 98% pour la commune de Sidi Okba et 98% pour la commune de Biskra, et atteint les 97% à M'Chouneche, et varie entre 90% à 95% dans la commune de Zeribet El Oued soit un taux de raccordement moyen de 95% pour l'ensemble du bassin, d'un linéaire total de 648056 km.

II. ALIMENTATION EN EAU D'IRRIGATION

L'eau assure tout d'abord le contact entre le sol et les racines des plantes. C'est à travers elle que les plantes prélèvent dans le sol les éléments minéraux dont elles ont besoin. Elle est elle-même absorbée par les plantes. L'eau présente en abondance dans les tissus végétaux (jusqu'à 95 % de leur poids). Elle maintient leur turgescence et assure le transport et les échanges de matières dissoutes à l'intérieur des plantes.

Des critères essentiels s'imposent pour l'évaluation des besoins en eau d'irrigation. Les principaux facteurs déterminant la consommation d'eau agricole sont la superficie irriguée, le type de culture, les conditions climatiques et les techniques d'employées.

Les dotations en eau d'irrigation sont assez variables.

Le potentiel irrigable est estimé actuellement à soit %

Le périmètre irrigué dans la région du Zab Est de Biskra ; Présentation physique

Compte tenu des potentialités hydriques superficielles et souterraines et en sol dans la région de Zab Est de Biskra, cela permet la valorisation de la petite et la moyenne hydraulique, ainsi que l'irrigation des grands périmètres.

L'irrigation dans les petits bassins du Zab Est de Biskra est devenue donc une condition nécessaire à la modernisation et à la sécurité des exploitations agricoles.

La plaine de Zab Est de Biskra d'une superficie irriguée totale de 538410 ha, dont la superficie équipée et irriguée est de 104803 ha égal 19%.

Tab.39. Répartition des surfaces agricoles totale et utile dans les communes de la zone d'étude

Daïra	commune	SAT (ha)	SAU (ha)	SAU (%)
Sidi Okba	Sidi Okba	25410	10025	39
	Chetma	11020	1926	17
	El Haouch	75490	21064	28
	Ain Naga	50780	25068	49
Biskra	Biskra	12770	3445	27
	El Hadjeb	20810	5394	26
Zeribet El Oued	Zeribet El Oued	50090	13652	27
	El Feidh	137510	13606	10
	Khanguet Sidi Nadji	8010	1217	15
	M'Ziraa	96080	7805	8
M'chouneche	M'chouneche	50440	1601	3
total		538410	104803	19

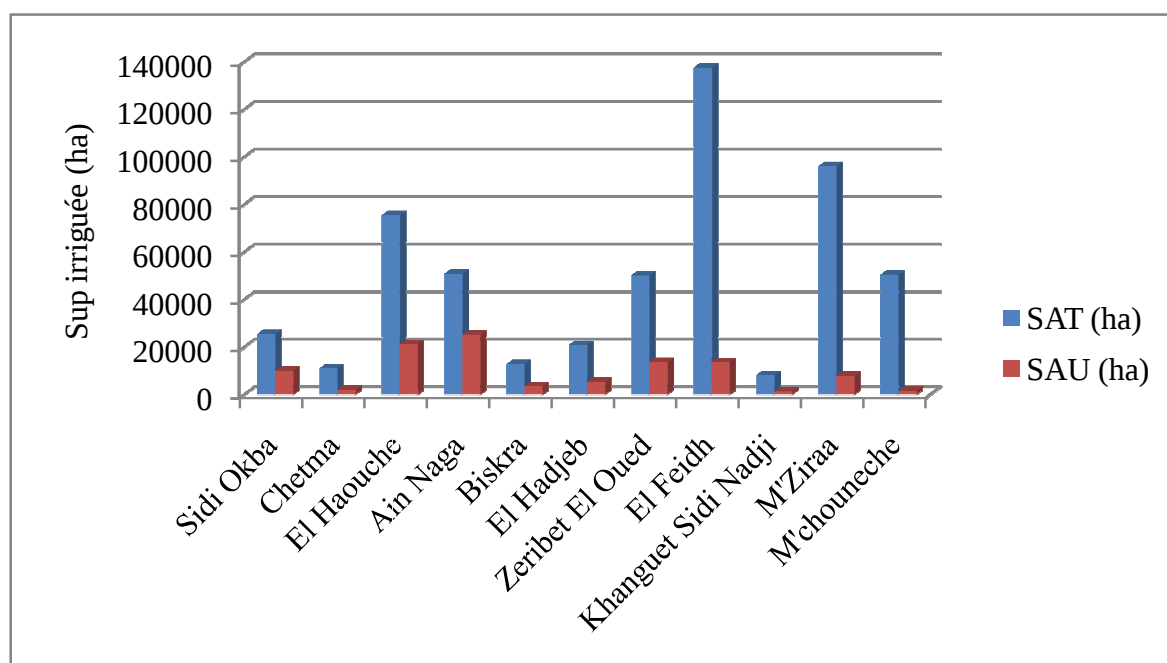


Figure.42. Répartition des surfaces agricoles totale et utile dans les communes de la région du Zab Est de Biskra

Périmètre ou aire d'irrigation existant hors grands périmètre gérés par l'OPI

Tab.40. Périmètre ou aire d'irrigation existant hors grands périmètre gérés par l'OPI

Daïra	commune	nombre	Superficie (ha)
Sidi Okba	Sidi Okba	12	2954
	Chetma	4	1403
	M'chouneche	1	40
	Ain Naga	1	120
Biskra	Biskra	2	239
	El Hadjeb	6	1270
Zeribet El Oued	Zeribet El Oued	1	120
	El Feidh	3	520
	Khanguet S Nadji		
	M'Ziraa	2	180
total		32	6846

Répartition de la superficie irriguée par système d'irrigation (les techniques d'irrigations)

La région de Zab Est de Biskra consent de gros investissements dans les aménagements hydro-agricoles pour mieux valoriser les ressources en eau et en sol. Entre-temps, l'agriculture irriguée doit relever plusieurs défis liés notamment à l'accroissement des tensions sur les ressources en eau limitées. Ces contraintes rendent nécessaires, d'une part, l'amélioration de l'efficience et de l'efficacité de l'utilisation de l'eau et, d'autre part, la modernisation des infrastructures et techniques d'irrigation dans les périmètres irrigués et la PMH.

Actuellement, entre 80 et 88 % des superficies sont irriguées par le mode gravitaire traditionnel, moins de 2 % par l'aspersion et le reste par l'irrigation localisée (D'après DHW de Biskra).

La reconversion vers la micro-irrigation et l'aspersion n'est pas la solution unique (difficulté à mettre en œuvre, problèmes techniques nombreux, efficience...). Il faut encadrer le plus

possible les offres techniques par la définition de normes techniques minimales avec l'appui de laboratoires.

En irrigation localisée, on délivre l'eau directement au niveau du sol et de façon fréquente. On ne mouille qu'une partie de la surface du sol. Au contraire, en irrigation par aspersion l'eau est apportée en général à de plus grands intervalles de temps. Elle est pulvérisée au-dessus du niveau du sol, les gouttes tombent donc avec une certaine intensité et une certaine force sur l'ensemble de la surface du sol (CTGREF, 1976).

Par conséquent, en dehors de toute autre considération (matériel, main-d'œuvre nécessaire, coût, etc.), ces deux méthodes présentent des différences notables sur le plan strictement agronomique, de par leur influence sur l'ensemble microclimat – sol - plante par rapport à l'irrigation gravitaire traditionnelle. Le passage plus ou moins forcé de l'agriculteur, par le biais des subventions, de la pratique traditionnelle vers des techniques performantes, mais dont la gestion est complexe par rapport à ses connaissances, se fait très souvent de manière empirique. On peut donc se poser la question de savoir dans quelles conditions se réalisent ces changements ?

Tab.41. Répartition de la superficie irriguée par système d'irrigation (les techniques d'irrigations) dans la région d'étude.

Daira	Commune	Répartition de la superficie irriguée par systèmes d'irrigation (Ha)		
		Gravitaire	Aspersion	Goutte à goutte
Sidi Okba	Sidi Okba	2447.00	/	783.00
	Chetma	695.00	/	979.00
	El Haouch	2177.00	779.00	3051.00
	Ain Naga	77431.00	/	2909.00
Biskra	Biskra	1534.00	/	534.00
	El Hadjeb	1397.00	néant	1163.00
Zeribet El Oued	Zeribet El Oued	5.511,00	200,00	1.084,00
	El Feidh	4.678,00	83,00	1.049,00
	Khanguet Sidi Nadji	385,00	/	58,00
	M'Zirâa	3.403,00	102,00	729,00
M'chouneche	M'chouneche	1.092,00	27,00	161,00
Total		100750	1191	12350
Pourcentage %		88 %	1 %	11 %

Répartition de la superficie irriguée par types de cultures

Les cultures maraîchères

Elles représentent 128091 ha. Les espèces et variétés, ainsi que les techniques utilisées sont orientées vers les besoins locaux et les pratiques restent traditionnelles. Des tentatives de modernisation et d'intensification ont été faites ; les résultats sont restés médiocres en raison des carences du système de vulgarisation et de l'inefficacité de l'organisation de l'appui technique et logistique aux producteurs.

Les cultures fourragères

Elles sont surtout représentées par la luzerne et l'orge en vert, utilisées pour les besoins de l'élevage caprin laitier. Les rendements sont très faibles et l'exploitation (irrationnelle).

Les cultures industrielles

Représentées par le tabac et le henné, elles constituent une source de revenus importante pour les producteurs des zones des Zeribet el Oued et Sidi Okba. Ces cultures représentent un moyen efficace d'améliorer les revenus des agriculteurs.

L'arboriculture fruitière

De même que pour le maraichage, les variétés locales de qualité médiocre dominent ; elles sont conduites de manière traditionnelle. Des améliorations sont possibles pour la diversification des espèces et l'application de techniques modernes de production. Certaines espèces telles que grenadier, figuier peuvent constituer des spéculations économiquement rentables.

Les légumes secs et céréales

La céréaliculture est marginale et généralement limitée aux zones d'épandage de crues d'oueds. Elle est itinérante et pratiquée le plus souvent pour des besoins fourragers. Les légumes secs sont principalement représentés par les fèves, spéculations économiquement rentable

Tab.42. Répartition de la superficie irriguée par types de cultures dans la région d'étude.

Daïra	Commune	La superficie irriguée par types de cultures (Ha)				
		Maraîchage	Arboriculture		Grandes cultures	Cultures industrielles
			Palmiers	Arboricultures		
Sidi Okba	Sidi Okba	833.00	1900.00	170.00	280.00	47.00
	Chetma	325.00	975.00	140.00	207.00	/
	El Haouch	931.00	2300.00	571.00	2205.00	/
	Ain Naga	2220.00	1852.00	245.00	5071.00	952.00
Biskra	Biskra	129.00	1830.00	109.00	/	/
	El Hadjeb	702.00	1730.00	128.00		Néant
Zeribet El Oued	Zeribet El Oued	2653.00	869.00	434.00	2502.00	337.00
	El Feidh	1703.00	573.00	304.00	2435.00	795.00
	Khanguet Sidi Nadji	103.00	171.00	53.00	101.00	15.00
	M'Zirâa	2463.00	566.00	246.00	774.00	185.00
M'Chouneche	M'Chouneche	837.00	227.00	216.00	/	/
Total		12809	12993	2616	13575	2331

Répartition Générale de la SAU et Place de la Phoeniciculture et nombre des palmiers

La SAU de la région de Zab Est de Biskra, bien qu'ayant augmenté ces dernières années grâce aux opérations de mise en valeur de grandes superficies après la promulgation de la loi de l'APFA (Accession à la Propriété Foncière Agricole) et les programme de la GCA (Générale des Concessions Agricoles) et du PNDA (Programme Nationale du Développement d'Agriculture), Elle reste néanmoins faible par rapport à la superficie et la SAT de la daïra, et au regard de la SAU de la wilaya. Cette faiblesse s'explique particulièrement par les conditions climatiques et écologiques défavorables de la région. Adaptée aux conditions édaphiques et climatiques, la Phoeniciculture constitue, l'activité agricole principale des agriculteurs de cette région. Elle couvre actuellement 12993 ha soit pré de 29% de la SAU de la région d'étude et le nombre total des palmiers et de l'ordre 1477436 palmier (58% deglet Nour, 18% ghars et dattes molles et 24% deglet Elida et dattes sèches).

Tab.43. Répartition des palmiers dans la région d'étude.

Daïra	Commune	Nombre total de palmiers		
		Deglet Nouer	Ghars et dattes molles	Déglet Elida et dattes sèches
Sidi Okba	Sidi Okba	216922	54600	107800
	Chetma	90200	14300	17900
	El Haouch	74500	53720	27250
	Ain Naga	75700	34100	15820
Biskra	Biskra	83330	40050	61200
	El Hadjeb	152690	22781	62324
Zeribet El Oued	Zeribet El Oued	54268	6431	2041
	El Feidh	54946	8852	2700
	Khanguet Sidi Nadj	17096	2924	2700
	M'Zirâa	20741	3807	6903
M'chouneche	M'chouneche	22340	33100	33400
Total		862733	274665	340038
Pourcentage %		58 %	18 %	24 %

Demandes en eau PMH

Données PMH – Estimation à partir de recoupements sur le terrain

Les seuls chiffres mesurés connus proviennent du GPI d'El Outaya, qui est approvisionné par le barrage de Fontaine de Gazelles. Sur ce périmètre, il existe un compteur d'eau sous contrôle de l'administration du périmètre qui mesure le volume prélevé du barrage. En se basant sur les relevés du compteur, la demande moyenne calculée est de 10000 m³ / ha*an.

Les cultures irriguées à El Outaya sont surtout l'arboriculture (oliviers, abricotiers) et le maraîchage. Comme le GPI d'El Outaya est relativement neuf (2002), le mode d'irrigation est pratiquement à 100 % la méthode localisée (goutte à goutte). Les pertes ne sont pas connues.

Les valeurs des surfaces par culture (cadastre Chott Melrhir) et les demandes pour l'irrigation par la méthode traditionnelle gravitaire (selon ONID) peuvent être combinées et donnent une valeur moyenne de 22.640 m³/ha*an pour la wilaya de Biskra (tableau suivant).

Les volumes prélevés pour l'irrigation seraient d'environ 698 hm³/an (cadastre Chott Melrhir). La répartition sur une surface irriguée de 44414 ha on arrive à une demande moyenne de 15.731 m³/ha*an. Comme déjà décrit auparavant, les volumes prélevés sont probablement sous-estimés.

Selon de multiples informations des agriculteurs et des responsables des services agricoles, la consommation avec la méthode d'irrigation gravitaire est environ le double de la méthode localisée, ce qui correspond à peu près aux chiffres montrés ci-dessus.

Selon des informations de sources diverses (cadastres, DSA, GCA, DHW), entre 10% et 35% des surfaces irriguées le sont par la méthode localisée, tandis que le reste est irrigué par la méthode traditionnelle (segua).

Pour la surface irriguée de 44414 ha dans la région de Zab Est de Biskra on peut donc résumer les chiffres suivants :

La situation future de l'alimentation en eau d'irrigation

La superficie irrigable dans le périmètre du Zab Est de Biskra est estimée à 104803 ha, tandis que l'on irrigue actuellement que 44414 ha, soit un taux de 42 % de la superficie irrigable totale.

Si l'on veut irriguer toute cette superficie avec une dotation de 15731 m³/ha/an, on y a besoin d'un volume de 698 millions de m³ annuellement.

Tab.44. les besoins en eau pour l'irrigation dans la région de Zab Est de Biskra

	Superficie irriguée	dotation	demande
Subdivision	ha	m ³ /ha*an	[hm ³ /an]
Biskra	4628	15731	73
Sidi Okba	22504	15731	354
Zeribet el Oued	17282	15731	272
Total	44414	15731	698

On constate que la demande en eau la plus élevée (plus de 354 millions de m³) est représentée par la subdivision de Sidi Okba. Cette demande sera satisfaite les prochaines années à partir des eaux du barrage de Foum El Gherza et les eaux souterraines de la nappe Moi-Pliocène. La subdivision de Biskra consomme un volume de 73 millions de m³ par an. Et la subdivision de Zeribet El Oued consomme un volume de 272 millions de m³ par an.

Sur la base de cette méthode d'estimation, on arrive à une demande en eau pour l'irrigation comprise entre 600 et 720 hm³/an, dont environ 20 hm³/an sont fournis par les barrages. Donc, l'évolution des besoins en eau d'irrigation est liée directement à l'augmentation des terres irrigables, en effet, en projetant une augmentation de 2220 ha toute les cinq années avenir (hypothèse de développement : 1% par an) avec une dose moyenne annuelle de l'ordre de 15731 m³/ha/an.

Tab.45. Répartition des besoins en eau d'irrigation par nature de ressources en eau

Daira	commune	sup irriguée à partir des forages			sup irriguée à partir des puits			sup irriguée à partir des prises au fil de l'eau		
		Sup irriguée	dotation	demande	Sup irriguée	dotation	demande	Sup irriguée	dotation	demande
		ha	m ³ /ha*an	[hm ³ /an]	ha	m ³ /ha*an	[hm ³ /an]	ha	m ³ /ha*an	[hm ³ /an]
Sidi Okba	Sidi Okba	2452	15731	39	683	15731	11	97	22640	2
	Chetma	1674	15731	26	0	15731	0	0	22640	0
	El Haouch	5133	15731	81	874	15731	14	0	22640	0
	Ain Naga	7502	15731	118	2507	15731	39	331	22640	7
	M'Chouneche	1093	15731	17	0	15731	0	187	22640	4
Biskra	Biskra	1858	15731	29	210	15731	3	0	22640	0
	El Hadjeb	2283	15731	36	91	15731	1	186	22640	4
Zeribet el Oued	Zeribet El Oued	6112	15731	96	0	15731	0	683	22640	15
	El Feidh	5603	15731	88	0	15731	0	207	22640	5
	Khanguet Sidi Nadji	278	15731	4	0	15731	0	165	22640	4
	M'Zirâa	4183	15731	66	0	15731	0	51	22640	1
total		38171	15731	600	4365	15731	69	1907	22640	43

Tab.46. Répartition des besoins en eau d'irrigation par type de culture

Daïra	commune	Maraichage			Palmiers			Arboricultures		
		Sup irriguée	dotation	demande	Sup irriguée	dotation	demande	Sup irriguée	dotation	demande
		ha	m3/ha*an	[hm3/an]	ha	m3/ha*an	[hm3/an]	ha	m3/ha*an	[hm3/an]
Sidi Okba	Sidi Okba	833	18000	15	1900	25800	49	170	23200	4
	Chetma	325	18000	6	975	25800	25	140	23200	3
	El Haouch	931	18000	17	2300	25800	59	571	23200	13
	Ain Naga	2220	18000	40	1852	25800	48	245	23200	6
	M'Chouneche	837	18000	15	227	25800	6	216	23200	5
Biskra	Biskra	129	18000	2	1830	25800	47	109	23200	3
	El Hadjeb	702	18000	13	1730	25800	45	128	23200	3
Zeribet el Oued	Zeribet El Oued	2653	18000	48	869	25800	22	434	23200	10
	El Feidh	1703	18000	31	573	25800	15	304	23200	7
	Khanguet Sidi Nadji	103	18000	2	171	25800	4	53	23200	1
	M'Zirâa	2463	18000	44	566	25800	15	246	23200	6
total		12899	18000	232	12993	25800	335	2616	23200	61

Tab.47. Répartition des besoins en eau d'irrigation par type de culture

Daïra	commune	Grandes cultures			cultures industrielle		
		Sup irriguée	dotation	demande	Sup irriguée	dotation	demande
		ha	m ³ /ha*an	[hm ³ /an]	ha	m ³ /ha*an	[hm ³ /an]
Sidi Okba	Sidi Okba	280	17550	5	47	19590	1
	Chetma	207	17550	4	0	19590	0
	El Haouch	2205	17550	39	0	19590	0
	Ain Naga	5071	17550	89	952	19590	19
	M'Chouneche	0	17550	0	0	19590	0
Biskra	Biskra	0	17550	0	0	19590	0
	El Hadjeb	0	17550	0	0	19590	0
Zeribet el Oued	Zeribet El Oued	2502	17550	44	337	19590	7
	El Feidh	2435	17550	43	795	19590	16
	Khanguet Sidi Nadji	101	17550	2	15	19590	0
	M'Ziraa	774	17550	14	185	19590	4
total		13575	17550	238	2331	19590	46

Les besoins en eau d'irrigation s'élèvent donc de 698 millions de m³ en 2008 à 712 millions de m³ en 2010, pour atteindre un volume de 887 millions de m³ en 2035.

Tab.48. Evolution dans le temps des besoins en eau d'irrigation dans le périmètre du Zab Est de Biskra (2008-2035)

Année	2008	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Superficie irriguée ha	44414	45302	47522	49743	51964	54185	56405
Besoins en eau (hm3)	698	712	747	782	817	852	887

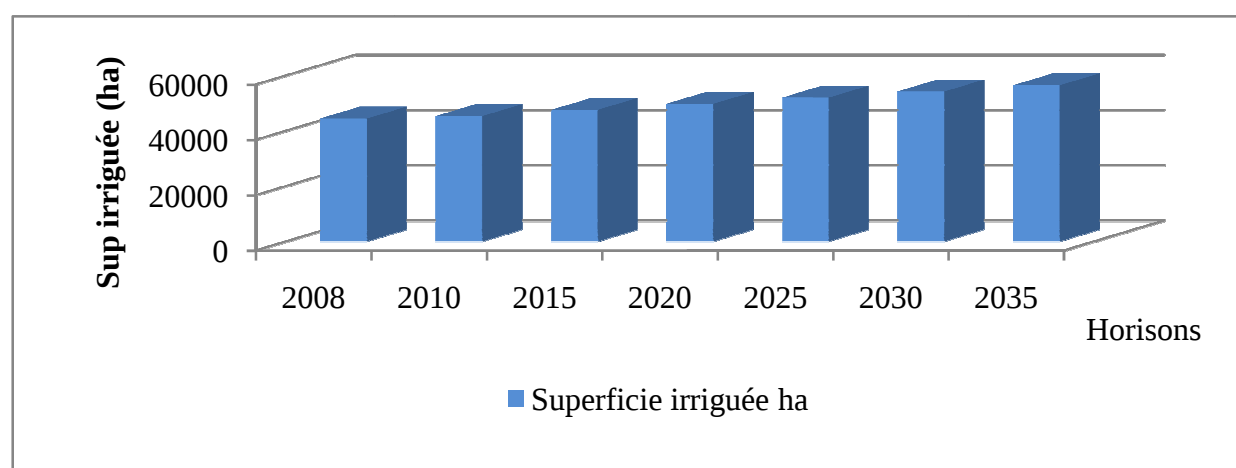


Figure.43. Evolution dans le temps des superficies irriguées dans la région du Zab Est de Biskra (2008-2035)

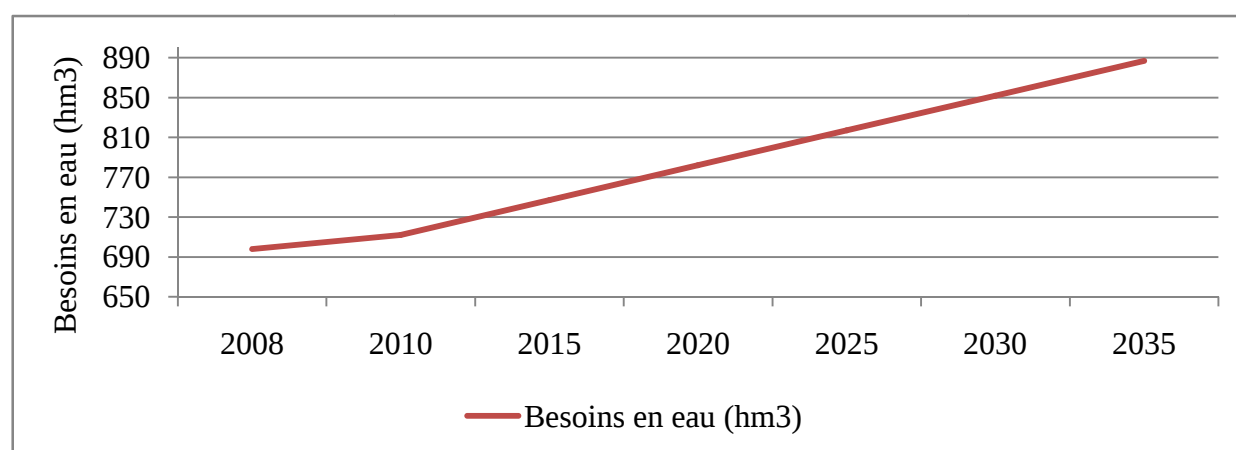


Figure.44. Evolution dans le temps des besoins en eau d'irrigation dans la région du Zab Est de Biskra (2008-2035)

III. ALIMENTATION EN EAU INDUSTRIELLE

La région de Biskra a connu l'essor industriel à la fin des années 70, avec l'installation du complexe de textile, dans le cadre d'une nouvelle politique d'aménagement du territoire et de développement de l'industrie à l'intérieur du pays ; cet essor de l'industrie s'est poursuivi avec la création de quelques unités industrielles prévue.

Les besoins futurs en eau industrielle

En effet, pour les années à venir, on peut faire une projection dans le temps des besoins en eau pour l'industrie, avec une augmentation de 4 % chaque année (d'après DHW de Biskra) des besoins actuels toutes les cinq années. On aboutira donc aux résultats mentionnés dans le tableau ci-dessous.

Tableau.49. Evolution dans le temps des besoins en eau pour l'industrie dans la région de Zab Est de Biskra (1008-2035)

Année	2008	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Besoins en eau (hm ³)	0,55	0,59	0,66	0,81	0,92	1,03	1,14

D'après le tableau et le graphe, on observe que les besoins en eau industrielle dans la région du Zab Est de Biskra sont en augmentation continue, ils s'élèvent de 0,55 millions de m³ en l'an 2008 jusqu'au 0,59 millions de m³ en 2010 et ils peuvent franchir les 1,14 millions de m³ en l'an 2035 selon les projections.

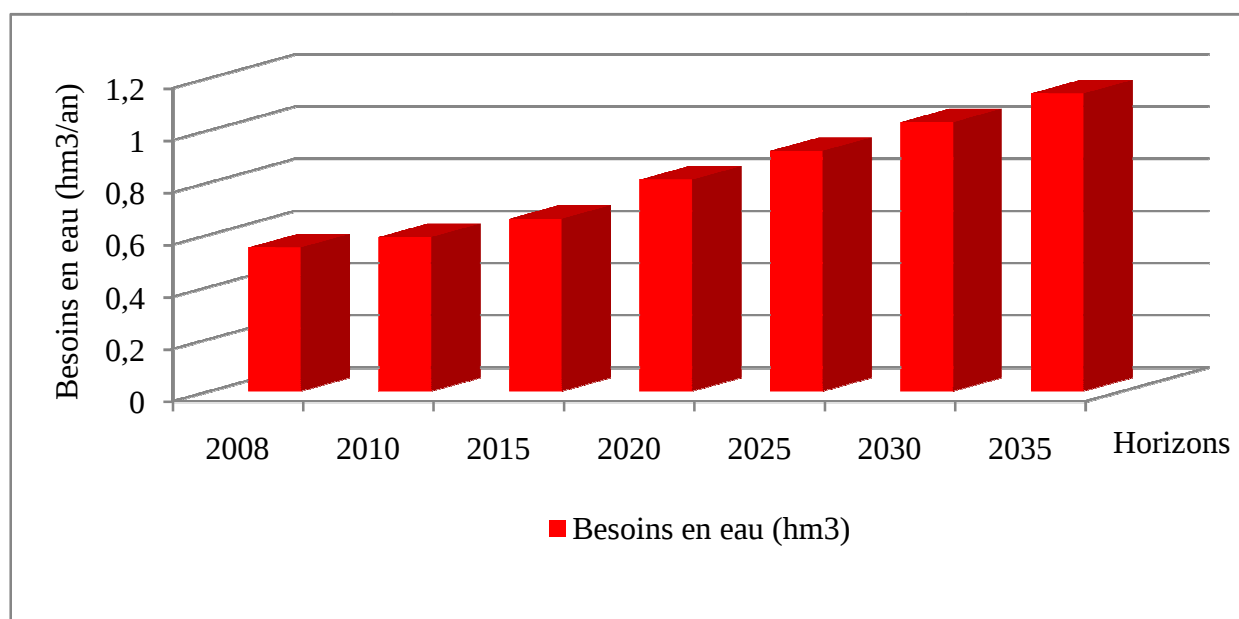


Figure.45. Evolution dans le temps des besoins en eau pour l'industrie dans la région du Zab Est de Biskra (2008-2035)

N.B : en admettant un taux d'accroissement annuel moyen de 2 %.

IV. LES BESOINS EN EAUX GLOBAUX DANS LE ZAB EST

Les besoins en eau globaux pour les différents secteurs dans la région du Zab Est de Biskra s'élèvent actuellement à près de 743 millions de m³ par an, dont 99 % sont des besoins domestiques et agricoles. Et selon les projections dans le temps, les besoins en globaux se situeront en l'an 2010 à près de 758 millions de m³ par an, et ils s'élèveront moyen terme (2025) à plus de 880 millions de m³ par an. Ces besoins atteindront à l'horizon 2035 les 964 millions de m³ par an, dont plus 92 % sont proprement des besoins en eau agriculture.

Tableau.50. Besoins en eau globaux des différents secteurs usagers dans la région du Zab Est de Biskra aux différents horizons (2008-2035)

Année	2008	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Besoins AEP (Hm ³ /an)	44	45,83	50,72	56,14	62,13	68,76	76,11
Besoins AEA (hm3/an)	698	712	747	782	817	852	887
Besoins AEI (hm3/an)	0,55	0,59	0,66	0,81	0,92	1,03	1,14
Total des besoins	743	758	798	839	880	922	964

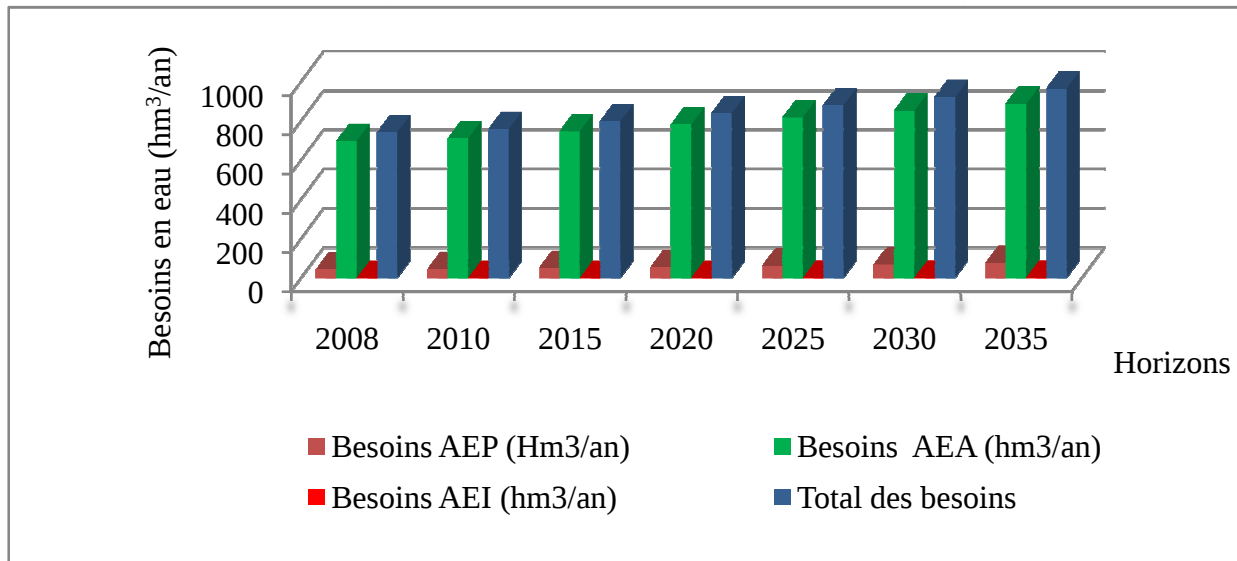


Figure.46. Evolution des besoins en eau globaux des différents secteurs usagers dans La région de Zab Est de Biskra aux différents horizons (2008-2035)

Les besoins en eau globaux dans la région de Zab Est de Biskra sont de l'ordre de 743 hm³/an à court terme, 839 hm³/an à moyen terme et de l'ordre 964 hm³/an à long terme.

Les besoins en eau domestique dans la région de Zab Est de Biskra sont de l'ordre 44 millions de m³ par an à court terme, 56,14 hm³/an à moyen terme et de l'ordre 76,11 hm³/an à long terme.

Les besoins en eau industrielle dans la région de Zab Est de Biskra est actuellement très faible et de l'ordre de 0,55 hm³/an à court terme, 0,81 hm³/an à moyen terme et de l'ordre de 1,14 hm³/an à long terme.

Les besoins en eau d'irrigation dans la région de Zab Est de Biskra sont de l'ordre de 698 millions de m³ par an pour les trois subdivisions (Biskra, Sidi Okba, Zeribet et Oued) à court terme, 782 hm³/an à moyen terme et de l'ordre 887 hm³/an à long terme.

V. LES MESURES A ENVISAGER POUR L'IRRIGATION

Le premier objectif des investigations proposées ci-dessus (surveillance par indicateurs et système de mesures régulières) est d'arriver à une analyse fiable sur l'état de durabilité des nappes.

Dans le cas où on trouvera une situation non durable, avec des pronostics indiquant un danger pour la situation de l'alimentation en eau (ce qui est déjà indiqué par les calculs effectués dans

les chapitres « Analyse des données » et « Conclusions »), il faut prendre des mesures, afin d'éviter des effets négatifs sur la population et l'économie.

Ces mesures doivent permettre d'arriver à un équilibre entre

L'offre, c'est à dire les volumes des eaux souterraines exploitables à moyen et long terme.

Ces ressources ne doivent pas nécessairement être renouvelables, mais doivent assurer une alimentation à moyen et long terme.

La demande, c'est à dire la consommation en eau, principalement de l'irrigation.

Comme indiqué dans le chapitre Conclusions on se trouve déjà en pleine surexploitation des ressources souterraines. Même s'il existait des ressources encore inutilisées, il est peu probable que ces ressources puissent changer la tendance générale des bilans comme on peut le constater dans le chapitre « Variantes de bilan ».

Néanmoins ces ressources doivent être explorées et – si possible – exploitées. Cette exploitation doit se dérouler comme exploitation alternative à l'exploitation actuelle et non comme exploitation additionnelle (c'est à dire avec, en même temps, une réduction de l'exploitation dans les zones déjà surexploitées).

En général, il est supposé que l'approche nécessaire pour équilibrer la situation de l'alimentation en eau est plutôt liée à la demande, avec des options présentées ci-dessous.

1. Amélioration de l'irrigation

Dans une bonne partie des surfaces irriguées dans la région étudiée, les agriculteurs utilisent encore la méthode traditionnelle d'irrigation par submersion. Même dans les cas, où on a installé un réseau d'irrigation localisée, il s'agit plutôt d'une irrigation par submersion. En effet, l'eau est déversée par un système de tuyaux jusqu'à la plante, qui est alors submergée. Dans ces conditions, on épargne des pertes dans le système de distribution (des canaux ...) mais les pertes les plus importantes subsistent encore et se manifestent par évaporation des surfaces submergées et par infiltration à cause d'une offre en eau largement supérieure à la capacité des sols.

Par ailleurs, l'infiltration de l'eau d'irrigation en excès engendre une remontée du niveau piézométrique dans la nappe phréatique et cause un autre problème, qui est au même temps gênant et coûteux.

La technique actuelle pour combattre ce problème consiste à réaliser des systèmes de drainage très coûteux, ce qui représente un gaspillage de ressources financières et hydrauliques.

Dans tous ces cas, l'introduction des méthodes d'irrigation efficaces, avec une réduction des pertes par évaporation et par infiltration, peut amener à une amélioration significative.

Afin de ne pas compromettre la durabilité de la situation économique et sociale de la région, il faudra établir un système de surveillance qui accompagne les mesures prises et qui assure qu'aucun gaspillage n'est toléré dans les régions en danger.

2. Amélioration de l'efficacité de cultures

L'analyse des données de l'ONID et de la GCA, montre que les différentes cultures consomment des volumes d'eau (en $\text{m}^3/\text{ha}\cdot\text{an}$) fort variables. Afin d'arriver à une économie d'eau élevée, il est conseillé d'encourager un changement vers des cultures plus efficaces.

Comme le but de toute approche doit être une situation durable de la population, il est conseillé de ne pas utiliser comme indicateur d'efficacité des plantes, la consommation relative par rapport à la surface irriguée (en $\text{m}^3/\text{ha}\cdot\text{an}$) mais plutôt la consommation par bénéfice récolté (m^3/DA). Les données nécessaires pour le calcul de ces paramètres sont généralement disponibles au niveau des DSA.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Le travail réalisé porte sur les aspects quantitatifs et qualitatifs de la ressource en eau, ainsi que sa gestion intégrée dans un bassin qui est complètement paradoxale.

Le Zab Est Biskra est l'une des régions majeures du Sahara, connue par sa population et par ses activités économiques à caractère agricoles. Les principales activités économiques de la wilaya Biskra sont liées à l'agriculture (culture des palmiers et la culture sous serres) et à l'élevage, cette activité repose sur l'importance des ressources en eau souterraines. Ces dernières années, le développement hydro agricole et l'accroissement de la population dans la wilaya ont engendré une demande importante en eau. A cet effet, une mobilisation de la ressource en eau par des forages s'est avérée nécessaire. Sauf que, la principale contrainte à ce développement réside dans l'insuffisance des ressources en eau dans cette région, surtout avec la prolifération des forages illicites.

Sur le plan géologique, on a deux grands domaines séparés par la flexure sud atlasique. Au Nord de cette dernière, on a un domaine plissé ayant subi plusieurs phases tectoniques. Au Sud, la plate-forme saharienne, tabulaire est tectoniquement calme. Dans la partie septentrionale (Atlas Saharien et Aurès), la géologie est caractérisée par l'affleurement des formations du Crétacé supérieur et du Néogène. La plaine saharienne est constituée par une couverture Mio-plio-quaternaire.

La série qui débute depuis le Trias renferme deux grands systèmes aquifères : le Continental Intercalaire et le Complexe Terminal. La nappe du Continental Intercalaire est comprise dans les formations du Barrémien et de l'Albien, formée de sables argileux et de grès et a une épaisseur d'environ 500 mètres au niveau d'Ouled Djellal. Le Complexe Terminal comprend quant à lui deux grands ensembles : la nappe des calcaires (perspective surtout dans les formations du Sénonien supérieur et de l'Eocène inférieur) et la nappe des sables, sa profondeur se situe entre 100 et 500 mètres. La nappe de sable au Sahara, ainsi que celle du Mio-Pliocène et de l'inféro-flux sont considérées comme secondaires par rapport à l'importance de la nappe de calcaire.

La zone d'étude faisant partie des zones arides à semi arides est caractérisée par une faible pluviométrie avec une grande variabilité annuelle et interannuelle. Les moyennes annuelles

CONCLUSION GENERALE

des précipitations sont comprises entre 60 et 310 mm et une température moyenne d'ordre 23°C. Paradoxalement, cette zone comme le reste du Sahara recèle d'importantes réserves dont la recharge ne peut provenir que des périodes humides. En revanche, les nappes intermédiaires et superficielles sont alimentées par les eaux de surface qui s'écoulent du Nord (massifs des Aurès) et par transfert latéral à partir de nappes situées plus au Nord et Au Nord-Ouest.

L'évapotranspiration réelle est plus importante dans toutes les stations étudiée, avec un taux de 100 % de la totalité des précipitations. L'excédent est nul et la RFU épuisée durant tout l'année.

L'étude hydrogéologique, la lithologie et les considérations hydrodynamiques ont permis d'individualiser quatre unités aquifères principales qui ont une grande extension et débordent très largement le cadre de cette région. L'exploitation de ces nappes (continentales intercalaires, calcaires de l'Eocène inférieur, sables du Mio- Pliocène et nappes phréatiques du quaternaires) doit faire l'objet d'un suivi constant qui doit permettre d'éviter les effets d'une surexploitation.

Même si, cependant, les principaux aquifères de la région appartiennent à des systèmes aquifères plus vastes et dont les études antérieures ont tracé les principales caractéristiques et les schémas globaux d'écoulement, il reste que du point de vue local, une certaine spécificité plus complexe apparaît et exige des études plus détaillées. La connaissance des écoulements est biaisée par l'absence de données piézométriques plus fines.

L'usage de cartes au 1/200 000 é et le nombre important de points d'eau parfois non recensés ne permet pas de tracer des cartes piézométriques fiables. En outre, du fait de l'équipement de certains forages, il nous est permis de procéder, uniquement, à un échantillonnage en vue des analyses hydrochimique. Les mesures des pressions au niveau des forages artésiens sont impossibles sans l'intervention des agents s'occupant de la gestion des eaux.

L'écoulement général des eaux souterraines du Continental Intercalaire et du Complexe Terminal se fait vers le Nord-est (Zone des chotts tunisiens). Pour l'aquifère du Complexe Terminal, la configuration de la surface piézométrique, à l'échelle locale est plus complexe. L'exploitation intensive de la nappe du calcaire a provoqué des perturbations dans les directions d'écoulement, avec l'apparition de zones d'appel (zones de dépressions piézométriques). L'évaluation des échanges verticaux, très importants, dans le système

CONCLUSION GENERALE

multicouche, exige une approche plus fine incluant un suivi simultanée de l'évolution des niveaux piézométriques dans les différents aquifères ainsi qu'un suivi géochimique intégrant des techniques isotopiques.

L'exploitation des eaux souterraines est la principale ressource pour l'alimentation en eau potable pour les habitants de la région de Biskra. En fait l'exploitation de deux barrages sur la région ne se fait que pour l'irrigation des cultures.

D'après l'interprétation des analyses chimique des eaux de surface et l'eau souterraine nous pouvons dire que les ions dominants sont le plus souvent les chlorures et les sulfates parmi les anions et le calcium et le magnésium parmi les cations. Aussi nous pouvons dire que les eaux de la région étudiée présentent deux faciès suivant le sens de l'écoulement, chloruré et sulfaté calcique et magnésienne en amont avec une tendance à devenir chloruré sodique et potassique à l'aval. Compte tenu de l'évaporation intense, les nappes phréatiques sont souvent hyper chlorurées sodiques.

A chaque usage (domestique, industriel ou agricole), correspond des besoins en eau très variables en quantité et en qualité, suivant les secteurs et surtout les saisons.

La région de Zab Est de Biskra ne fait pas exception, ses besoins en eau sont en augmentation continue. Globalement, on estime les besoins en eau dans le Zab Est de Biskra à près de 743 millions de m³ par an, dont la consommation agricultures (AEA) est considérée comme le grand consommateur d'eau avec un volume de 698 millions de m³ par an, soit un taux de 93 % de la totalité des besoins en eau dans la région de Zab Est de Biskra. Toutefois cette dominance est due au développement agricole considérable dans les sous bassins de Zab Est de Biskra. Les besoins en eau domestique pour alimenter la population de la région d'étude sont estimés à 44 millions de m³ par an, soit un taux de 6 %. Quant aux besoins en eau industriels, ils ne représentent que 1 % de l'ensemble des besoins en eau dans la région de Zab Est.

Le développement des régions sahariennes est conditionné impérativement par la pérennité des ressources en eau et leur possibilité d'utilisation dans le temps. Au Sahara, l'agriculture constitue l'activité principale et un facteur de stabilisation des populations. Le développement ne se limite pas à étendre les superficies irriguées ou à augmenter le débit soutirait à partir des

CONCLUSION GENERALE

forages, mais surtout d'améliorer la productivité agricole et son appareil de production. Les techniques d'aménagement et d'exploitation hydro-agricole, la maîtrise de la croissance urbaine et des équipements collectifs des agglomérations. L'évolution décroissante des ratios de ressources naturelles par habitant, qu'il s'agisse des ressources en eau ou des terres irriguées indiquent clairement la nature et l'importance des enjeux liés à leur préservation et à leur valorisation.

Aussi, la réussite des politiques de développement fondées sur une définition cohérente et adaptée des politiques sectorielles (eau, agriculture, environnement) implique telle que des mesures techniques et organisationnelles appropriées, soient mises en œuvre à court et moyen termes pour que les effets attendus ne soient pas irrémédiablement compromis par une gestion non maîtrisée et non performante.

Cependant, des efforts restent à faire dans le domaine de la protection quantitative et qualitative des ces ressources en eau, les recommandations suivantes sont proposer pour affronter les défis de l'eau qui se présentent pour l'avenir dans la région de Zab Est de Biskra:

De veiller à une meilleure gestion des eaux en évitant l'exploitation anarchique des eaux souterraines par les nombreux forages implantés ;

Un contrôle permanent de l'écoulement superficiel pour éviter les pertes importantes des eaux de ruissellement ;

Maintenir et renforcer les efforts de mobilisation de l'eau par la construction des ouvrages de captages (barrages, retenues, forages, etc.) et la préservation des infrastructures hydrauliques déjà existants.

Mettre en place les conditions institutionnelles et les outils nécessaires pour une gestion intégrée des ressources en eau.

Développer la connaissance dans le domaine de la prévision hydrométéorologique, de suivi et de contrôle des ressources en eau.

L'amélioration du réseau d'observation hydrométrique par l'implantation des stations de jaugeage et des stations pluviométriques.

Le suivi systématique de la piézométrie permet d'avoir une convergence numérique des ressources en eau souterraines disponibles.

La maîtrise et l'atténuation des impacts négatifs de la pollution sur le potentiel des ressources en eau par la surveillance permanente de la qualité des eaux.

CONCLUSION GENERALE

Eviter le déversement direct des rejets urbains et industriels dans l'oued Biskra est ses affluents sans traitement préalable.

Installation de stations d'épuration pour le traitement des eaux usées urbaines et industrielles.

Proposition des périmètres de protection autour des sources potentielles d'approvisionnement en eau.

Prendre des mesures de prévention et de protection contre les crues par la construction des barrages et de retenues d'écêtement.

Finalement, nous espérons que cette étude que nous avons menée au niveau des sous bassins de du Zab Est de Biskra a apporté un certain nombre d'informations et de précision, qui pourront orienter de futures travaux dans le domaine de la maîtrise et de la gestion intégrée des ressources en eau dans le contexte du développement durable.

Bibliographie et références

ABHSahara : Etude du cadastre hydraulique du bassin versant du Chott Melghir. Mission V. Qualité des eaux. Rapport inédit 32 pages.

Aidaoui S. 1994. Aménagement hydro agricole des Zibans. Thèse de doctorat université de Nancy II, France.

Baàzi H. 2001. Etude de faisabilité d'un ouvrage de substitution dans la vallée de l'Oued l'Abiod. Thèse de Magistère, Univ. Biskra.

Bakalowich J. N. 1979 : Contribution de la géochimie des eaux à la connaissance de l'aquifère karstique et de la karstification. Thèse Doc. Sc. Nat. Univ. P et M Curie pari

Bel F. et Cuche D. 1970. Etude des nappes du Complexe Terminal du bas Sahara : Données géologiques et hydrogéologiques pour la construction du modèle mathématique, rapport inédit,DHW, Ouargla.

Benabderrahmane A. 1988. Simulation numérique de la pollution saline d'un système aquifère dans une région semi-aride à aride. Exemple des systèmes aquifères de la plaine de M'Sila (Hodna Algérie). Thèse de doctorat de 3ème cycle Univ. Besançon, France.

Benazzouz M.T. 2000: Morphogenèse éolienne holocène et actuelle dans l'Atlas saharien oriental (Algérie): Conséquence sur la désertification. Thèse Doctorat d'Etat, Univ. Constantine. 350 p.

Benazzouz M.T. 2003. A new chronologie of upper Holocène aeolian sands in the Zibans range, Algéria. Suppl. Geogr. Fis. Dinam. Quat. pp 47-54.

Besbes M., et all. 2003.Système Aquifère du Sahara septentrional : gestion commune d'un bassin transfrontalier, Eau et environnement. Rev. la houille blanche N°5-2003.

Brinis N. 2003. Essai d'explication de la salinité des eaux de la nappe du Mio-pliocène de la plaine d'El Outaya w de Biskra, Univ. Badji Mokhtar, Annaba.

Brives A. 1924. Notes géologiques sur les Ziban. Bull. Serv. Carte géologique Algérie.

Busson G. 1971. Le mésozoïque saharien, 1ère et 2ème partie. Essai de synthèse des données des sondages algéro-tunisiens. C.R.Z.A., série géologie, N° 11, Edition CNRS.

Busson G. 1989. Dynamique sédimentaire de plate-forme épicontinentale: Le Crétacé moyen du Sahara algéro-tunisien, Editions Technip, pp 125-144.Sc., Paris, 238 p.

Burollet P.F. 1972. Le Mésozoïque saharien. Essai de synthèse des données des sondages Algéro-Tunisiens. Sédiment. Géol. Vol. 8.

BRL (Bureau d'Etudes). Etude du plan directeur général de développement des régions sahariennes. Rapport inédit sur les connaissances d'ensemble. A.N.R.H. Algérie.

Castany G. 1982. Bassin sédimentaire du Sahara septentrionale (Algérie-Tunisie). Aquifères du Continental intercalaire et du complexe terminal. Bull. BRGM 2 III, 127-147.

Chabour N. 2003. La remontée des eaux dans les régions du Sud : une solution le lagunage. Journée d'étude sur les applications des données géologiques et géotechniques aux plans d'aménagement, 2eme SGCC International, Univ. Constantine.

Chabour N. 2005. Caractérisation et modèle numérique de la nappe des calcaires nappe du Complexe Terminal dans la région de Tolga. 2eme SGCC International. Univ. Constantine.

Chabour N. 2006. Hydrogéologie des domaines de transition entre l'Atlas saharien et la plateforme saharienne à l'Est de l'Algérie. Thèse de doctorat. Univ. Constantine.

Derokoy A.M. 1975. Etudes hydrogéologiques dans le bassin du Chott El Hodna. Programme des Nations Unies pour le Développement. Rome 1975.

DEMRH. 1980. carte hydrogéologique de Biskra ; Notice explicative. Service hydrogéologie.

Flandrin J. 1941. Rapport sur l'hydrogéologie du bas Sahara. DEMRH Alger.

Forkasiewicz J. Margat J. 1982. Exploitation des réserves d'eau souterraines en zones arides et semi-arides. Essai de synthèse. B.R.G.M. Section III. N° 2. PP. 115-126.

Guendouz A. et All. 2003. Hydrogeo-chemical and isotopic evolution of water in the Complexe Terminal aquifer in the Algerian Sahara. Hydrogéologie journal 2003 11: 483-495.

Laffite R. 1939. Etude géologique de l'Aurès. Thèse, Paris, Bull. Serv. Carte géologique Algérie, Alger, 2eme édition, 484 p.

MARSAUD B. 1996. Structure et fonctionnement de la zone noyée des karsts à partir des résultats expérimentaux. Thèse, Univ. Paris XI Orsay.

Mohamed Chebbah (mémoire doctorat 2007): litho-stratigraphique, sédimentologie et modèles de bassin des dépôts néogènes de la région de Biskra. De part et d'autre de l'accident Sud Atlasique (Zibans Algérie). Univ. Constantine.

Moula A. S. et Guendouz A. 2003. Etude des ressources en eau souterraines en zones arides (Sahara algérien) par les méthodes isotopiques. Hydrologie of the Mediterranean and Semi arid regions (proceedings of an international symposium held at montpellier, April 2003), IAHS Publ. No. 278, 2003.

Nemouchi A. 2001. Géographie hydrologique du bassin versant endoreique du Chott Hodna. Thèse de Doctorat. Univ. Constantine.

Nesson C. 1975. L'évolution des ressources hydrauliques dans les oasis du Bas-Sahara algérien ; Recherches sur l'Algérie. Mémoires et documents. Service de doc. et de cartographie géographiques. CNRS. Nouvelle série, V17. pp. 7- 99.

Ould Baba Sy M. 2005. Recharge et paléorecharge du Système Aquifère du Sahara Septentrional. Thèse Doctorat en Géologie, Univ. Tunis, El Manar.

Plagnes V. 2000. Structure et fonctionnement des aquifères karstiques. Caractérisation par la géochimie des eaux. Documents du BRGM 294.

Rapport inédit. DHW 2010. Etude du plan directeur des ressources en eau du bassin versant de chott Melhir

Rapport inédit. ANRH 2008. Inventaire des points d'eau et enquête sur les débits extraits de la wilaya de Biskra

Seltzer P. 1948. le climat de l'Algérie. Bull. hors série. IMPGA. 219 p.

Senouci M. et All. 2000. Etude hydrogéologique de la vallée d'Oued El Abiod (Aurès, W. Batna). Sonatrach, division operation, Hassi-Messaoud.

Tóth J. 1963. A theoretical analysis of groundwater flow in small drainage basins. Journal of Geophysical Research 68-16; pp. 4795-4812.

Travy Y. 1994. The evolution of alkaline groundwater in the continental intercalaire aquifer of Irhazer Plain, Niger. Water resources research. Vol. 30, N° 1, pp 45-61.

UNESCO. 1972. Etude des ressources en eau du Sahara Septentrional. Nappe du Continental Intercalaire, Proj. ERESS. Rapport final.

UNESCO. 1983. Actualisation de l'étude des ressources en eau du Sahara septentrional. Rapport final. 490 p

ANNEXE

Bilan d'eau selon la méthode de C.W.Thornthwaite de la station de T'Kout
(88/89-09/10)

	T	I	K	ETP	Pr	RFU	ETR	DEF	EXC
Sep	28,8	14,2	1,03	132,6	40,1	0,0	40,1	92,5	0,0
Oct	23,5	10,4	0,97	74,5	21,9	0,0	21,9	52,6	0,0
Nov	16,5	6,1	0,86	27,2	27,8	0,6	27,2	0,0	0,0
Dec	17,7	6,8	0,81	30,8	27,2	0,0	27,7	3,1	0,0
Janv	11,6	3,6	0,87	11,4	20,1	8,8	11,4	0,0	0,0
Févr	13,6	4,5	0,85	16,5	23,0	15,3	16,5	0,0	0,0
Mar	17,3	6,6	1,03	37,0	28,1	6,4	37,0	0,0	0,0
Avr	20,6	8,5	1,10	60,9	30,4	0,0	36,8	24,1	0,0
Mai	26,1	12,2	1,21	121,2	30,5	0,0	30,5	90,7	0,0
Jui	31,3	16,1	1,22	193,4	22,5	0,0	22,5	170,9	0,0
Juill	34,4	18,5	1,24	248,1	11,8	0,0	11,8	236,3	0,0
Aout	34	18,2	1,16	225,8	24,5	0,0	24,5	201,3	0,0
Annuel	23,0	125,8		1179,3	307,9		307,9	871,5	0,0

Bilan d'eau selon la méthode de C.W.Thornthwaite de la station de Tiferfer
(88/89-09/10)

	T	I	K	ETPC	Pr	RFU	ETP	DEF	EXC
Sep	28,8	14,2	1,03	132,6	25,9	0,0	25,9	106,7	0,0
Oct	23,5	10,4	0,97	74,5	13,0	0,0	13,0	61,5	0,0
Nov	16,5	6,1	0,86	27,2	12,4	0,0	12,4	14,8	0,0
Dec	17,7	6,8	0,81	30,8	14,0	0,0	14,0	16,8	0,0
Janv	11,6	3,6	0,87	11,4	14,5	3,1	11,4	0,0	0,0
Févr	13,6	4,5	0,85	16,5	12,3	0,0	15,4	1,1	0,0
Mar	17,3	6,6	1,03	37,0	12,5	0,0	12,5	24,4	0,0
Avr	20,6	8,5	1,10	60,9	15,1	0,0	15,1	45,8	0,0
Mai	26,1	12,2	1,21	121,2	11,5	0,0	11,5	109,6	0,0
Jui	31,3	16,1	1,22	193,4	9,8	0,0	9,8	183,6	0,0
Juill	34,4	18,5	1,24	248,1	4,5	0,0	4,5	243,6	0,0
Aout	34	18,2	1,16	225,8	14,9	0,0	14,9	210,9	0,0
Annuel	23,0	125,8		1179,3	160,3		160,3	1019,0	0,0

Bilan d'eau selon la méthode de C.W.Thornthwaite de la station de M'Ziraa
(88/89-09/10)

	Tp	I	K	ETPC	Pr	RU	ETPR	DEF	EXC
Sep	28,8	14,2	1,03	132,6	7,7	0,0	7,7	124,8	0,0
Oct	23,5	10,4	0,97	74,5	5,6	0,0	5,6	69,0	0,0
Nov	16,5	6,1	0,86	27,2	4,1	0,0	4,1	23,1	0,0
Dec	17,7	6,8	0,81	30,8	5,1	0,0	5,1	25,6	0,0
Janv	11,6	3,6	0,87	11,4	9,3	0,0	9,3	2,0	0,0
Févr	13,6	4,5	0,85	16,5	16,4	0,0	16,4	0,1	0,0
Mar	17,3	6,6	1,03	37,0	9,7	0,0	9,7	27,2	0,0
Avr	20,6	8,5	1,10	60,9	4,6	0,0	4,6	56,3	0,0
Mai	26,1	12,2	1,21	121,2	2,0	0,0	2,0	119,2	0,0
Jui	31,3	16,1	1,22	193,4	2,7	0,0	2,7	190,7	0,0
Juill	34,4	18,5	1,24	248,1	0,2	0,0	0,2	247,9	0,0
Aout	34	18,2	1,16	225,8	0,4	0,0	0,4	225,4	0,0
Annuel	23,0	125,8		1179,3	67,9		67,9	1111,4	0,0

Bilan d'eau selon la méthode de C.W.Thornthwaite de la station de Foum El Gherza
(88/89-09/10)

	T	I	K	ETPC	Pr	RU	ETP	DEF	EXC
Sep	28,8	14,2	1,03	132,6	13,5	0,0	13,5	119,0	0,0
Oct	23,5	10,4	0,97	74,5	9,4	0,0	9,4	65,1	0,0
Nov	16,5	6,1	0,86	27,2	15,2	0,0	15,2	12,0	0,0
Dec	17,7	6,8	0,81	30,8	12,2	0,0	12,2	18,6	0,0
Janv	11,6	3,6	0,87	11,4	16,0	4,6	11,4	0,0	0,0
Févr	13,6	4,5	0,85	16,5	9,4	0,0	14,0	2,5	0,0
Mar	17,3	6,6	1,03	37,0	12,1	0,0	12,1	24,8	0,0
Avr	20,6	8,5	1,10	60,9	12,5	0,0	12,5	48,4	0,0
Mai	26,1	12,2	1,21	121,2	6,3	0,0	6,3	114,9	0,0
Jui	31,3	16,1	1,22	193,4	3,6	0,0	3,6	189,8	0,0
Juill	34,4	18,5	1,24	248,1	0,2	0,0	0,2	247,9	0,0
Aout	34	18,2	1,16	225,8	3,7	0,0	3,7	222,1	0,0
Annuel	23,0	125,8		1179,3	114,2		114,2	1065,1	0,0

Bilan d'eau selon la méthode de C.W.Thornthwaite de la station de Biskra ANRH
(88/89-09/10)

	T	I	K	ETPC	Pr	RFU	ETPR	DEF	EXC
Sep	28,8	14,2	1,03	132,6	15,2	0,0	15,2	117,4	0,0
Oct	23,5	10,4	0,97	74,5	10,6	0,0	10,6	63,9	0,0
Nov	16,5	6,1	0,86	27,2	16,2	0,0	16,2	11,0	0,0
Dec	17,7	6,8	0,81	30,8	12,6	0,0	12,6	18,2	0,0
Janv	11,6	3,6	0,87	11,4	23,2	11,8	11,4	0,0	0,0
Févr	13,6	4,5	0,85	16,5	9,9	5,3	16,5	0,0	0,0
Mar	17,3	6,6	1,03	37,0	15,5	0,0	20,7	16,2	0,0
Avr	20,6	8,5	1,10	60,9	17,1	0,0	17,1	43,8	0,0
Mai	26,1	12,2	1,21	121,2	8,3	0,0	8,3	112,9	0,0
Jui	31,3	16,1	1,22	193,4	4,4	0,0	4,4	189,1	0,0
Juill	34,4	18,5	1,24	248,1	0,5	0,0	0,5	247,6	0,0
Aout	34	18,2	1,16	225,8	4,0	0,0	4,0	221,8	0,0
Annuel	23,0	125,8		1179,3	137,6		137,6	1041,8	0,0

Bilan d'eau selon la méthode de C.W.Thornthwaite de la station de Biskra (ONM)
(88/89-09/10)

	T	I	K	ETP	Pr	RFU	ETP	DEF	EXC
Sep	28,8	14,2	1,03	132,6	14,8	0,0	14,8	117,8	0,0
Oct	23,5	10,4	0,97	74,5	10,5	0,0	10,5	64,1	0,0
Nov	16,5	6,1	0,86	27,2	16,7	0,0	16,7	10,5	0,0
Dec	17,7	6,8	0,81	30,8	12,0	0,0	12,0	18,8	0,0
Janv	11,6	3,6	0,87	11,4	21,8	10,5	11,4	0,0	0,0
Févr	13,6	4,5	0,85	16,5	10,0	3,9	16,5	0,0	0,0
Mar	17,3	6,6	1,03	37,0	14,1	0,0	18,1	18,9	0,0
Avr	20,6	8,5	1,10	60,9	14,6	0,0	14,6	46,3	0,0
Mai	26,1	12,2	1,21	121,2	9,5	0,0	9,5	111,6	0,0
Jui	31,3	16,1	1,22	193,4	3,7	0,0	3,7	189,7	0,0
Juill	34,4	18,5	1,24	248,1	0,8	0,0	0,8	247,3	0,0
Aout	34	18,2	1,16	225,8	4,4	0,0	4,4	221,5	0,0
Annuel	23,0	125,8		1179,3	132,9		132,9	1046,4	0,0

Précipitations mensuelles station pluviométrique de T'Kout
(1988-2010)

ANNEE	SP	OT	NV	DC	JN	FV	MR	AR	MI	JN	JL	AO	TOT
88\89	13,6	4,8	52,5	31,8	4,6	31,1	8,3	26,1	8,5	68,2	1,4	103,8	354,70
89\90	12,8	7,0	14,3	11,7	59,7	0,0	33,7	59,9	99,3	4,2	13,6	65,9	382,10
90\91	20,7	3,2	53,0	16,4	2,5	15,5	47,8	0,0	3,5	16,2	5,0	24,4	208,20
91\92	34,7	61,2	11,7	19,6	15,1	16,2	20,6	37,4	52,1	0,0	17,7	7,4	293,70
92\93	46,7	11,6	37,9	5,3	4,5	56,2	21,5	13,0	23,2	6,6	0,0	7,8	268,00
93\94	12,1	3,2	17,3	14,9	21,5	19,3	32,4	17,3	0,3	8,2	0,0	18,6	165,10
94\95	68,0	51,6	13,4	1,9	9,8	0,0	63,2	9,1	5,9	21,3	3,1	15,9	263,20
95\96	67,3	35,8	28,8	39,8	48,6	72,7	86,7	48,2	13,2	61,1	40,2	9,8	552,20
96\97	22,0	21,0	0,1	0,0	14,6	9,5	17,1	44,2	3,7	10,0	0,2	8,6	151,00
97\98	44,8	25,1	71,3	20,7	7,2	13,3	7,7	39,5	23,1	39,4	0,0	12,1	304,20
98\99	0,0	11,7	0,0	4,7	23,5	7,7	4,9	5,1	17,3	18,2	17,3	38,0	110,40
99\00	19,7	13,9	37,7	54,6	0,0	0,6	12,4	8,6	84,0	5,3	0,0	0,0	236,80
00/01	59,6	35,1	5,1	32,5	23,4	10,9	1,3	2,7	35,3	0,0	3,2	20,0	229,10
01/02	55,6	13,5	36,2	14,7	6,7	1,3	10,8	18,8	11,0	9,8	2,4	40,8	221,60
02/03	11,2	23,1	72,6	7,0	66,8	7,7	19,3	69,9	12,7	47,2	7,9	16,6*	362,00
03/04	28,3	77,4	28,4	32,3	6,1	38,5	92,7	61,3	60,8	40,9	0,0	27,8	494,50
04/05	84,0	10,4	48,2	124,6	0,0	31,5	16,0	9,0	7,4	42,4	7,6	5,4	386,50
05/06	30,0	12,5	22,3	21,0	20,1	44,1	6,7	33,4	59,0	15,8	50,8	15,5	331,20
06/07	26,1	13,3	26,8	17,4	6,9	9,1	14,3	47,4	21,5	2,1	21,6	6,1	212,60
07/08	65,7	28,8	28,3	8,4	7,8	4,6	2,0	0,8	43,3	14,3	53,6	41,9	299,5
08/09	36,4	3,2	1,9	89,2	44,1	M	70,1	65,5	71,2	4,1	4,9	50,5	441,1
09/10	123,3	15,3	3,1	29,0	49,3	94,1	28,1	50,7	15,0	59,8	8,8	7,0	483,5
moy	40,1	21,9	27,8	27,2	20,1	23,0	28,1	30,4	30,5	22,5	11,8	24,5	306,9

Précipitations mensuelles station pluviométrique de Tiferfer
(1988-2010)

ANNEE	SP	OT	NV	DC	JN	FV	MR	AR	MI	JN	JL	AO	TOT
88\89	18,0	0,0	7,4	34,5	0,0	0,0	7,0	17,5	N\R	32,5	0,0	15,5	132,4
89\90	40,0	4,0	7,5	9,0	18,0	0,0	5,0	38,0	56,5	0,0	0,0	80,5	258,5
90\91	0,0	0,0	25,0	9,0	4,0	17,0	33,5	9,0	0,0	0,0	0,0	6,5	104,0
91\92	6,0	15,5	6,5	13,5	22,5	8,0	10,5	16,0	29,0	0,0	0,0	5,5	133,0
92\93	27,0	0,0	30,0	0,0	0,0	23,5	18,0	11,5	7,0	0,0	0,0	0,0	117,0
93\94	5,0	3,5	16,5	0,0	9,5	21,0	31,5	16,4	0,0	3,0	0,0	3,0	109,4
94\95	32,5	64,0	7,0	0,0	10,0	11,0	0,0	0,0	5,0	0,0	7,5	0,0	137,0
95\96	69,5	39,0	9,5	23,5	33,8	66,5	67,5	19,0	3,0	57,5	7,5	0,0	396,3
96\97	0,0	0,0	0,0	4,0	11,0	0,0	0,0	38,5	0,0	6,5	6,5	7,5	74,0
97\98	47,0	12,0	8,5	4,6	0,0	12,0	0,0	4,8	8,0	0,0	0,0	12,5	109,4
98\99	29,0	21,0	6,4	0,0	14,5	7,2	12,5	0,0	10,2	0,0	0,0	9,5	110,3
99\00	7,5	7,5	33,0	41,5	0,0	0,0	2,0	9,5	27,0	0,0	0,0	0,0	128,0
00\01	19,5	9	5	15	24,3	0	0	0	22	0	0	0	94,5
01\02	31,0	7,5	14,5	10,0	0,0	7,0	3,0	13,0	0,0	0,0	0,0	83,0	169,0
02\03	0,0	7,0	5,2	6,0	50,0	4,0	7,5	27,0	4,5	6,0	0,0	62,0	179,2
03\04	12,0	12,4	12,7	15,0	15,2	15,0	11,7	16,3	10,1	9,3	4,2	12,6	142,3
04\05	27,1	13,0	13,1	14,7	15,4	15,0	14,2	0,0	7,0	68,2	0,0	0,0	187,7
05\06	18,5	6,0	13,0	12,5	12,5	23,0	0,0	27,8	10,0	9,0	41,0	0,0	173,3
06\07	13,3	8,0	16,5	8,0	7,5	11,0	11,0	3,4	11,0	12,0	6,0	0,0	107,7
07\08	107,9	3,0	3,0	7,5	6,5	9,0	0,0	0,0	16,0	4,0	18,5	7,0	182,4
08\09	17,3	48,5	32,0	65,0	43,5	15,0	34,0	32,6	11,6	3,0	7,0	22,6	332,1
09\10	42,0	5,6	0,0	15,0	20,0	4,5	7,0	31,0	4,0	5,0	0,0	0,0	134,1
moy	25,9	13,0	12,4	14,0	14,5	12,3	12,5	15,1	11,5	9,8	4,5	14,9	159,6

Précipitations mensuelles station pluviométrique de M'Ziraa
(1992-2010)

ANNEE	SP	OT	NV	DE	JN	FV	MA	AV	MI	JN	JL	AT	TOT
92\93	1,2	12,2	2,5	0,0	0,0	165,0	31,0	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0	214,0
93\94	3,4	0,0	0,9	1,2	50,0	60,0	66,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	181,5
94\95	2,5	39,5	0,0	0,0	34,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	76,5
95\96	90,0	0,0	31,0	29,5	22,5	19,9	11,3	2,4	0,0	0,0	2,0	0,0	208,6
96\97	1,4	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	27,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,1
97\98	2,0	0,0	2,1	3,6	0,5	7,5	0,5	10,9	1,7	18,0	0,0	0,0	46,8
98\99	0,0	9,0	0,5	1,2	24,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,9
99\00	8,6	6,0	3,0	8,2	0,0	0,0	0,0	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	29,4
00/01	0,0	0,0	0,0	1,3	6,3	0,0	0,0	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	20,1
01/02	4,3	0,0	14,9	8,9	2,3	0,0	0,0	0,0	5,9	0,0	1,8	2,8	40,9
02/03	0,0	2,9	11,6	0,0	8,5	0,6	0,5	3,2	0,1	11,8	0,0	0,0	39,2
03/04	6,2	14,2	2,7	5,7	0,0	5,5	32,5	4,8	2,5	6,5	0,0	0,0	80,6
04/05	2,5	2,5	1,2	6,5	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	4,5	23,3
05/06	2,0	0,5	0,8	9,0	7,6	25,0	0,0	0,8	5,5	0,0	0,0	0,0	51,2
06/07	5,5	5,0	1,4	0,2	0,0	0,0	NR	15,4	0,0	0,0	0,0	0,0	27,5
07/08	5,4	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,9
08/09	0,8	7,4	0,0	14,0	9,4	6,5	12,9	0,0	17,5	0,0	0,0	0,0	68,5
09/10	3,3	1,0	0,0	0,7	2,5	2,7	10,3	2,0	0,0	9,5	0,0	0,0	32,0
moy	7,7	5,6	4,1	5,1	9,3	16,4	9,7	4,6	2,0	2,7	0,2	0,4	67,3

Précipitations mensuelles station pluviométrique de Biskra ANRH
(1988-2010)

ANNEE	SEP	OC	N	D	JA	F	M	AV	MA	JU	JUI	AO	TOT
1988\1989	2,5	0,0	13,5	4,9	4,6	10,9	0,0	10,9	10,6	20,6	0,0	8,6	87,1
1989\1990	6,6	2,0	11,5	3,0	28,0	0,0	9,0	20,4	32,0	4,5	0,5	7,0	124,5
1990\1991	5,6	0,0	14,5	20,6	17,0	13,0	60,4	3,5	3,1	2,0	0,0	26,0	165,7
1991\1992	13,0	33,5	4,0	9,9	18,9	2,3	22,0	6,6	5,0	0,0	4,5	20,5	140,2
1992\1993	20,5	0,0	50,5	3,5	0,0	4,4	11,5	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	94,4
1993\1994	2,5	0,0	6,3	3,2	14,4	5,0	22,6	1,4	0,0	1,5	0,0	7,3	64,2
1994\1995	37,3	36,2	3,2	0,0	4,5	2,0	7,0	11,5	0,0	4,0	0,5	0,0	106,2
1995\1996	31,8	2,6	25,0	19,5	63,9	25,1	46,2	5,4	2,7	3,7	3,4	0,0	229,3
1996\1997	31,7	0,0	0,0	4,3	3,8	2,6	1,4	88,9	0,0	5,1	0,0	0,0	137,8
1997\1998	16,6	4,9	41,6	13,9	0,0	0,4	11,0	47,1	12,1	7,4	0,0	0,0	155,0
1998\1999	0,0	3,6	0,1	0,1	82,3	0,5	0,2	0,0	5,2	18,3	0,0	2,5	112,3
1999\2000	21,3	11,4	47,4	33,2	0,0	0,0	0,0	4,0	8,3	0,0	0,0	0,0	125,6
2000\2001	12,8	3,0	10,0	2,5	45,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	77,0
2001\2002	1,2	2,6	21,9	10,1	1,1	0,0	1,5	2,8	0,3	0,0	0,0	3,6	45,1
2002\2003	0,6	16,2	17,9	1,4	81,7	2,9	6,6	3,1	0,3	0,2	0,0	0,2	131
2003\2004	6,3	37,5	4,3	10,9	0,1	0,3	32,8	70,7	34,0	1,0	0,0	0,5	198,4
2004\2005	6,7	6,2	31,4	53,9	0,0	21,9	1,9	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	123,7
2005\2006	2,5	3,7	4,5	9,0	58,6	35,8	13,0	13,3	8,0	0,6	0,0	0,9	149,9
2006\2007	19,7	9,8	47,3	8,0	0,0	41,0	12,5	40,1	2,6	0,0	0,0	2,5	183,5
2007\2008	28,1	0,0	2,3	0,0	4,9	0,0	0,0	0,0	26,1	0,0	0,0	0,0	61,4
2008\2009	25,1	59,8	0,0	45,9	72,9	16,8	51,8	18,3	20,2	0,0	0,0	0,0	310,8
2009\2010	42,1	1,2	0,0	19,6	8,4	24,1	29,4	28,4	7,0	27,3	0,0	5,6	193,1
moy	15,2	10,6	16,2	12,6	23,2	9,9	15,5	17,1	8,3	4,4	0,5	4,0	137,1

Précipitations mensuelles à la station pluviométrique du barrage de Foug El Gherza
(1988-2010)

ANNEE	SE	OC	N	DE	JV	F	MS	AV	MI	JN	JU	AO	TOT
1988\1989	1,0	0,0	17,5	2,4	0,3	10,4	0,0	11,3	7,5	34,9	0,0	28,8	114,1
1989\1990	1,5	0,2	9,2	3,0	20,0	0,0	19,0	70,0	20,0	2,0	2,0	30,0	176,9
1990\1991	0,0	0,0	11,5	21,0	8,0	7,5	34,0	4,5	3,0	0,0	0,0	2,5	92,0
1991\1992	23,0	37,5	4,0	11,0	0,0	15,0	26,0	14,0	6,0	0,0	0,0	0,0	136,5
1992\1993	26,0	4,5	23,0	0,0	0,0	48,0	6,5	0,0	8,5	0,0	0,0	0,0	116,5
1993\1994	2,5	0,0	15,2	5,5	25,0	7,0	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	80,2
1994\1995	20,0	34,5	3,0	0,0	4,0	3,8	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	69,8
1995\1996	31,0	0,5	23,0	9,6	49,0	16,0	29,0	4,0	1,5	0,0	0,0	0,0	163,6
1996\1997	20,0	0,0	0,0	3,5	2,5	2,5	7,0	53,0	0,0	0,0	0,0	0,0	88,5
1997\1998	8,5	5,2	34,5	6,0	0,0	0,0	6,5	27,5	3,6	24,5	0,0	0,0	116,3
1998\1999	0,0	0,0	0,0	0,0	40,0	2,5	0,5	0,0	8,0	0,0	0,2	3,1	54,3
1999\2000	0,0	11,4	46,2	39,1	0,0	0,0	0,9	3,0	8,5	0,0	0,0	0,0	109,1
2000\2001	4,3	0,0	1,5	5,9	27,6	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	40,7
2001\2002	3,6	12	22	12	2,2	0,0	2,6	2,0	0,0	0,3	0,0	4,5	61,2
2002\2003	0,8	7,5	16	1,2	111	4,8	4,1	8,5	1,6	0,1	0	2	157,2
2003\2004	25,9	18	3,1	12	0,2	0,5	88	32	31	0,9	0	0,6	212,7
2004\2005	7,8	3	36	46	0	23	2,5	0	0	2,9	1	3	124,3
2005\2006	9,7	6,7	22,0	12,4	31,6	21,5	0,0	8,9	10,0	1,2	0,8	0,1	125
2006\2007	16,5	10,5	12,6	7,5	0,0	32,5	10,0	21,8	10,9	0,0	0,0	4,3	126,5
2007\2008	16,7	28,3	18,2	32,5	12,0	0,0	0,0	13,0	10,9	0,0	0,0	0,8	132,4
2008\2009	32,1	23,5	17,5	24,3	7,2	4,2	0,8	1,9	0,0	0,8	1,0	0,0	113,3
2009\2010	46,8	4,0	0,0	13,4	11,4	6,7	1,8	0,0	5,5	11,5	0,0	0,0	101,1
moy	13,5	9,4	15,2	12,2	16,0	9,4	12,1	12,5	6,3	3,6	0,2	3,7	114,2

Précipitations mensuelles station pluviométrique de Biskra ONM
(1988-2010)

année	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mar	avr	mai	jui	juil	aou	tot
1988/1989	1,67	1,4	6,07	1,43	0,83	3,93	1,63	3,53	3,73	7,4	0	3,57	35,2
1999/1990	2,5	0,3	1,8	1,3	40,8	0	6,7	25,7	38,5	2,8	1,5	29,7	152
1990/1991	3,1	0	22,5	23	11,6	14,8	35,8	2,4	4,1	1,1	0,1	8,7	127
1991/1992	9,1	32	4	9,1	25,5	4,3	22,1	10	11,7	0,5	4,1	0,6	133
1992/1993	27,5	1	90,7	2,8	0	63,2	9	0	7,4	0,1	0	1,1	203
1993/1994	3,1	0	12,1	7,3	21,7	5,7	22,6	0,1	0	1,7	1,9	2,4	78,6
1994/1995	51,3	47,9	1,1	0	4	1,8	6,5	4,1	0	2,8	0	1,7	121
1995/1996	24,9	3,8	16,6	23,5	64,5	22,8	39,3	0,4	2,8	5,5	0,7	8,1	213
1996/1997	10,6	0,7	0	3	4	4,6	7,5	76,3	0	8,9	0	6	122
1997/1998	14,4	7,9	44,1	17,1	0,4	15	1,2	46,1	9,6	12,4	0	1,1	169
1998/1999	2,2	3,4	2	1,4	66,8	1,8	3	3,3	7,6	5,2	0	4,2	101
1999/2000	8,8	12,3	44,3	35,7	0	0	2,5	5,1	15,8	0	0	0	125
2000/2001	27,4	4,4	1,4	7,9	38,3	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	9,2	89,1
2001/2002	2,3	4,0	19,6	14,9	0,5	0,1	0,7	1,9	0,9	3,3	2,5	4,8	55,5
2002/2003	0,6	11,9	18,8	1,0	76,8	1,5	4,1	4,5	2,9	2,1	0,1	TR	124
2003/2004	6,5	40,7	4,6	13,1	1,5	0,6	91,1	67,9	48,9	1,6	0,0	3,2	280
2004/2005	4,0	6,0	32,6	36,7	0,0	18,0	3,5	0,0	0,0	2,5	2,6	2,0	108
2005/2006	7,2	0,7	15,7	6,6	53,7	29,0	1,0	13,5	11,5	0,2	0,0	0,7	140
2006/2007	16,2	9,0	28,4	9,8	0,0	2,9	10,9	22,1	1,5	0,4	0,0	0,1	101
2007/2008	36,1	3,0	0,1	2,2	4,1	0,5	1,4	0,0	21,1	0,0	0,0	0,5	69
2008/2009	18,1	40,0	0,0	32,7	48,9	11,4	16,0	12,0	15,7	0,0	4,0	0,0	199
2009/2010	47,7	0,0	0,3	13,8	15,9	17,5	24,7	22,6	5,7	23,6	0,0	3,7	176
moy	14,8	10,5	16,7	12,0	21,8	10,0	14,1	14,6	9,52	3,73	0,8	4,35	137

Vitesses des vents moyennes mensuelles à la station de Biskra ONM
(1988-2010)

année	jan	fév	mar	avr	mai	jui	juil	aou	sep	oct	nov	déc	moy
1988	5,2	4,6	6,2	6,0	6,5	5,4	4,4	3,9	3,6	4,3	3,1	4,8	4,8
1989	3,0	3,8	5,6	7,7	5,0	3,9	3,6	4,2	5,1	3,0	3,5	2,7	4,3
1990	4,3	3,7	3,2	6,0	4,1	4,5	3,7	3,3	3,8	5,0	5,1	4,2	4,2
1991	3,2	5,1	6,6	5,5	5,9	3,5	4,3	3,9	3,9	5,5	4,3	3,7	4,6
1992	2,2	3,0	5,0	6,1	5,1	7,1	4,3	4,4	4,3	5,7	5,1	4,6	4,7
1993	3,1	4,3	3,4	6,0	5,7	4,9	4,3	3,9	4,8	4,8	3,8	4,0	4,4
1994	5,8	5,6	3,4	7,0	6,2	5,1	3,9	4,3	4,4	3,4	3,6	3,9	4,7
1995	5,7	4,9	4,7	4,8	5,5	4,6	4,4	4,3	4,5	2,0	5,0	3,8	4,5
1996	4,4	5,7	3,7	5,0	5,6	4,3	4,2	5,1	5,3	5,2	4,7	4,1	4,8
1997	4,2	3,6	3,5	5,6	5,4	6,1	5,9	4,6	3,7	4,4	5,2	5,2	4,8
1998	4,9	4,4	5,0	7,2	6,4	5,1	4,4	4,3	5,7	4,8	4,5	4,4	5,1
1999	5,0	6,1	5,5	6,3	5,9	5,0	5,5	3,9	5,2	4,1	4,7	5,0	5,2
2000	3,5	3,8	4,3	7,6	6,0	5,0	4,6	3,4	4,2	5,4	5,1	4,1	4,8
2001	5,1	5,4	6,6	6	7,2	5,2	5,5	4,6	5,3	3,7	4,2	3	5,2
2002	3	4,2	6,3	6,5	7,4	xx	xx	4,6	4	3	5,4	4,7	4,9
2003	5,6	4,9	2,9	6	5,2	2,9	3	3	3,8	4	3,8	5,4	4,2
2004	4,8	3,4	4,7	5,9	5,2	3	2,8	3,5	3,3	2,9	3,4	4,2	3,9
2005	4,6	3,9	4,2	5,3	3,7	4	3,5	3,4	3,5	2,1	3,7	3,1	3,8
2006	4,2	4,2	5,6	5,1	4,3	5,3	4	4,2	4,2	3,4	3,2	3,9	4,3
2007	2,8	5,5	6,1	5	6,1	5,1	3,6	3,9	4,3	4,8	4,5	5,1	4,7
2008	2,9	2,4	5,2	5,5	6,8	4,5	4,5	3,5	3,8	3,2	4,1	3,4	4,2
2009	4,5	4,6	4	5,4	4	3,7	3	3,4	3,3	3,6	3,4	4,2	3,9
2010	4,5	4,7	5	4	5,2	4,6	2,9	2,9	2,9	3,4	3,8	4,3	4,0
moy	4,2	4,4	4,8	5,9	5,6	4,7	4,1	3,9	4,2	4,0	4,2	4,2	4,5

Humidités moyennes mensuelles à la station de Biskra ONM
(1988-2010)

année	jan	fév	mar	avr	mai	jui	juil	aou	sep	oct	nov	déc	moy
1988/1989	37	41	55	58	52	48	37	39	31	35	27	27	41
1999/1990	40	50	50	56	60	46	43	45	51	29	27	38	45
1990/1991	29	36	54	54	57	50	44	41	33	30	24	26	40
1991/1992	40	47	46	57	64	49	47	33	26	27	31	29	41
1992/1993	37	40	56	51	50	55	47	34	31	28	26	26	40
1993/1994	35	38	58	57	51	43	42	33	25	26	26	25	38
1994/1995	44	62	56	55	50	44	41	33	27	30	28	31	42
1995/1996	44	51	46	71	67	57	58	44	35	38	29	31	48
1996/1997	39	44	49	55	56	45	39	49	32	25	25	33	41
1997/1998	43	48	60	58	58	57	38	36	37	29	24	29	43
1998/1999	37	42	45	50	66	48	41	30	26	25	27	25	39
1999/2000	38	43	56	67	61	43	38	35	35	30	25	27	42
2000/2001	37	49	50	54	57	42	33	34	33	24	24	30	39
2001/2002	43	44	55	65	58	42	36	35	29	25	27	30	41
2002/2003	36	45	55	57	62	52	45	39	35	30	23	27	42
2003/2004	41	57	58	61	56	47	48	46	43	33	29	31	46
2004/2005	37	42	59	67	53	51	41	32	28	29	26	29	41
2005/2006	46	51	54	66	60	62	44	36	34	25	28	29	45
2006/2007	41	41	59	65	57	50	42	50	32	24	26	28	43
2007/2008	42	43	45	48	52	46	39	31	33	29	24	30	39
2008/2009	40	61	59	70	67	52	49	44	32	26	25	26	46
2009/2010	52	46	47	62	57	34	46	48	35	34	27	33	43
moy	40	46	53	59	58	48	43	39	33	29	26	29	42

Evaporation moyennes mensuelles à la station Biskra ONM
(1988-2010)

année	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mar	avr	mai	jui	juil	aou	moy
1988/1989	193	186	93	92,7	77	117	202	258	275	240	291	275	192
1999/1990	229	127	102	81,3	109	175	181	270	267	399	438	322	225
1990/1991	393	352	188	124	97	149	258	266	317	346	490	402	282
1991/1992	245	224	165	119	61	116	209	284	280	452	388	414	246
1992/1993	321	344	192	126	101	104	151	322	379	443	425	419	277
1993/1994	359	306	133	143	204	224	204	342	399	403	437	403	296
1994/1995	276	132	136	118	149	172	193	253	389	383	460	394	255
1995/1996	291	176	206	88	105	136	148	257	341	324	454	475	250
1996/1997	337	260	187	146	133	176	209	237	388	580	547	438	303
1997/1998	281	249	148	148	149	128	236	347	363	392	466	449	280
1998/1999	418	276	199	144	116	188	264	371	488	525	516	529	336
1999/2000	458	228	110	89	86	148	212	275	290	298	339	289	235
2000/2001	242	164	136	108	93	118	229	219	303	358	413	317	225
2001/2002	219	174	105	67	82	115	177	205	273	330	356	317	202
2002/2003	221	139	147	98	95	108	135	237	247	275	375	353	203
2003/2004	232	157	113	99	100	115	152	176	209	241	282	298	181
2004/2005	203	159	91	82	112	96	167	251	276	298	385	322	204
2005/2006	182	120	111	63	67	71	158	199	229	302	319	383	184
2006/2007	235	178	84	77	97	129	167	123	232	390	373	357	204
2007/2008	254	224	148	122	98	70	173	141	288	302	425	320	214
2008/2009	271	105	99	55	88	100	140	203	283	362	386	403	208
2009/2010	207	170	127	67	95	119	167	173	304	348	399	361	211
moy	276	202	137	103	105	131	188	246	310	363	407	375	237

Températures moyennes mensuelles à la station de Biskra ONM
(1988-2010)

année	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mar	avr	mai	jui	juil	aou	moy
1988/1989	27,7	24,8	17,7	11,8	11,3	13,8	18,6	20	25,7	28,8	33,4	34,7	22,4
1999/1990	29,6	23,1	17,9	15,4	12,8	16,4	17,8	19,6	24	31,7	33,1	31,1	22,7
1990/1991	32	25,1	17,3	11,2	10,9	12,7	17,5	18,8	22,3	30,6	34,5	33,8	22,2
1991/1992	29,2	22,6	15,8	11,7	9,7	12,9	16,3	19,7	24,7	28,6	31,9	33,6	21,4
1992/1993	29,5	23,5	17,4	12,9	11	12,3	15,5	20,6	26,2	32,5	34,1	34,2	22,5
1993/1994	28,6	24,3	16,8	12,7	13,5	14,3	18,5	19,1	28,5	31,8	34,5	35,2	23,1
1994/1995	28,7	22	17,9	12,6	11,3	16	16,4	19,2	26,6	30,6	34,2	33,4	22,4
1995/1996	27,5	22,8	16,8	13,4	13,3	12,1	15,7	20,1	25,4	28,3	32,7	34,3	21,9
1996/1997	27	20,8	16,5	12,9	12,9	15,4	16,7	19,3	26,2	33	34,9	33,3	22,4
1997/1998	28,1	23,2	16,5	12,9	12,1	14	16,8	21,4	24,5	31,3	34,1	33,7	22,4
1998/1999	30,1	21,1	16,2	11,2	11,7	12,5	16,8	21,8	29,2	33,8	34,1	36,3	22,9
1999/2000	30,2	25,3	15,8	11,6	9,3	13,7	17,6	22,1	28,7	30,5	34,1	33	22,7
2000/2001	29,1	21,9	16,8	13,1	11,6	13,3	21	21,1	26,3	32,5	35,9	34,1	23,1
2001/2002	29,9	26,5	17	11	10,5	14,5	19	21,4	26,3	31,8	34,2	33,2	22,9
2002/2003	28,8	23,1	17,3	13,9	11,8	11,9	16,3	21,4	26,9	32,4	36,4	34,4	22,9
2003/2004	28,9	24,3	17,3	11,9	12,8	14,8	17,3	19,6	23	30,1	33,3	34,7	22,3
2004/2005	28,3	24,5	15,5	12,3	10	10,7	17,8	21,8	27,9	31,7	35,9	33,6	22,5
2005/2006	28,5	24	16,7	10,8	9,9	12	17,7	23,2	28,4	31,6	34,4	33,8	22,6
2006/2007	27,3	24,6	16,9	13	12,2	15,5	16,4	20,3	26,6	34	33,6	34,2	22,9
2007/2008	29,1	24	10,9	12,6	12,1	13,7	17,8	22,5	26,5	30,7	36,1	34,4	22,5
2008/2009	29,4	22,3	15,2	10,8	11,9	12	15,9	18,5	26,2	32	35,8	34,7	22,1
2009/2010	27,1	22,9	16,8	13,1	12,6	14,5	18,3	22	24,2	31	35,1	34,4	32,5
moy	28,8	23,5	16,5	17,7	11,6	13,6	17,3	20,6	26,1	31,3	34,4	34,0	23,0

L'insolemment moyennes mensuelles à la station de Biskra ONM
(1988-2010)

année	jan	fév	mar	avr	mai	jui	juil	aou	sep	oct	nov	déc	moy
1988	207	234	262	271	292	250	342	328	309	216	163	216	258
1989	221	207	278	280	309	327	364	265	244	243	212	202	263
1990	162	287	214	248	257	310	357	336	259	255	217	220	260
1991	235	220	216	277	327	342	349	357	287	225	259	188	274
1992	169	263	199	285	296	344	354	353	304	252	230	204	271
1993	256	204	261	329	318	318	348	328	274	231	185	232	274
1994	219	258	265	310	346	350	363	351	247	233	256	258	288
1995	259	269	257	318	333	310	365	313	263	273	241	205	284
1996	189	218	259	271	324	352	356	320	273	287	226	202	273
1997	178	274	307	264	299	342	337	298	257	264	227	228	273
1998	223	264	294	297	328	356	385	332	273	268	235	253	292
1999	188	264	291	329	318	298	348	297	292	260	202	190	273
2000	265	290	269	305	302	372	358	354	266	252	233	224	291
2001	221	264	290	320	319	362	326	331	264	271	216	225	284
2002	246	263	293	280	326	364	319	284	283	281	204	239	282
2003	196	226	261	282	310	366	349	350	260	196	209	219	269
2004	259	251	260	300	333	332	381	318	291	238	230	193	282
2005	296	213	244	266	347	319	341	344	262	248	218	197	275
2006	195	210	307	283	269	332	371	357	286	284	237	172	275
2007	245	217	272	242	338	345	390	310	240	245	258	218	277
2008	259	229	289	295	290	353	348	340	227	203	228	199	272
2009	175	243	293	294	360	362	363	331	256	310	260	222	289
2010	239	190	235	273,7	313	330	367,7	333	274	270	224	216	272
moy	222	242	266	288	315	336	356	327	269	252	225	214	278